

Universidad Andrés Bello

Facultad de Ingeniería

Escuela de Informática

Proyecto de Titulo:

Propuesta Método Priorización de Requisitos Cualitativo basado en Aspectos de Priorización de Beneficio y Costo considerando las Dependencias entre Requisitos.

Tesis para optar al título de profesional de Ingeniero Civil Informático

Autor:

Matías Jesús Ulloa Gómez

Profesor Guía:

Dr. Luis Alberto Rojas Pino

Santiago de Chile

2022

Resumen

La priorización de requisitos es un importante tema que determina la forma en cómo se seleccionan y procesan los requisitos en los proyectos de software. Existen métodos específicos para clasificar y priorizar los requisitos, la mayoría de ellos basados en medidas cuantitativas, que si bien, utilizan o incorporan las dependencias entre requisitos, estos no consideran aspectos cualitativos, por ende, en el presente trabajo, se propone MCPR-AD (*Método Cualitativo para Priorizar Requisitos en base a Aspectos de priorización y Dependencias entre requisitos*), un método que presenta la priorización de requisitos al considerar las dependencias entre requisitos y los elementos cualitativos que están relacionados con las prioridades del proyecto. Se presenta formalmente MCPR-AD, definiendo la teoría utilizada para llevar a cabo las técnicas utilizadas durante el desarrollo de priorizar, ya sea mediante dependencias como de aspectos. Luego se lleva a cabo la experimentación, donde se obtienen diversos factores de información, que nos permiten analizar los tiempos y las consultas relacionadas con el proceso interno del método. La experimentación, ha permitido obtener resultados satisfactorios, es decir, el método realiza lo propuesto. Finalmente, para validar nuestra propuesta, se desarrolla una entrevista de grupo focal (Focus Group), que tiene el propósito de rescatar información relevante del método propuesto, tanto beneficios como inconvenientes que surgen durante el proceso de priorización y por, sobre todo, con respecto al método propuesto, obteniendo resultados satisfactorios que nos permiten identificar futuras mejoras del método propuesto. De manera similar, se realizó un cuestionario para evaluar la usabilidad del método MCPR-AD, obteniendo resultados positivos. Las experiencias de los usuarios indican valoraciones positivas y aceptables en cuanto a las dimensiones *Utilidad, Facilidad de Uso, Facilidad de Aprendizaje* y *Satisfacción*.

Abstract

Requirements prioritization is an important issue that determines how requirements are selected and processed in software projects. There are specific methods to classify and prioritize requirements, most of them based on quantitative measures, that although they use or incorporate the dependencies between requirements, they do not consider qualitative aspects, therefore, in this paper, we propose MCPR-AD (Qualitative Method to Prioritize Requirements based on Prioritization Aspects and Dependencies between requirements), a method that presents the prioritization of requirements by considering the dependencies between requirements and the qualitative elements that are related to the priorities of the project. MCPR-AD is formally presented, defining the theory used to carry out the techniques used during the development of prioritization, either by dependencies or aspects. Then the experimentation is carried out, where several information factors are obtained, which allow us to analyze the times and queries related to the internal process of the method. The experimentation has allowed us to obtain satisfactory results, that is to say, the method performs as proposed. Finally, to validate our proposal, a Focus Group interview is developed, which has the purpose of rescuing relevant information of the proposed method, both benefits and drawbacks that arise during the prioritization process and, above all, with respect to the proposed method, obtaining satisfactory

results that allow us to identify future improvements of the proposed method. Similarly, a questionnaire was conducted to evaluate the usability of the MCPR-AD method, obtaining positive results. The users' experiences indicate positive and acceptable evaluations in terms of the dimensions Usefulness, Ease of Use, Ease of Learning and Satisfaction.

Dedicatoria

A mi Madre, que ha sido el pilar fundamental dentro de este proceso. Tu cariño y amor que a diario y a lo largo de mi vida me has dado. Por tu paciencia y comprensión durante este proceso. Las palabras para ti sobran, eres una excelente madre y la persona que tiene el más lindo corazón, afortunado de ser tu hijo. ¡Te amo madre!

A mi Padre, a quien gracias a su esfuerzo y sacrificio me permitió estudiar sin problemas, el que me aconseja en cada momento difícil y dentro del camino de la vida. No solo eres mi padre, eres mi mejor amigo y eso me lo has recalcado toda la vida. Créeme, eres el mejor padre. ¡Te amo padre!

A mi Mami, quien me ha enseñado mucho de la vida, gracias por tus consejos, por el amor que me has dado y por tu apoyo incondicional en mi vida. ¡Te amo Mami!

A mi hermano, quien ha sido un motivante dentro de mi vida, me llenas de orgullo y eres todo para mí, ¡Te amo hermano!

A mi pareja, quien ha sido un pilar fundamental durante este proceso, quien me alienta, me escucha, me reta y por sobre todo me da su amor, gracias por ser parte de este proceso, por tu paciencia y comprensión. ¡Te amo mucho mi amor!

Agradecimientos

Primeramente, agradecer al Doctor Luis Rojas, quien fue el guía durante este proceso de tesis, gracias por su tiempo, su dedicación y su paciencia. Agradecer también a mis compañeros con los cuales hemos recorrido una larga etapa, hemos vivido muy lindos recuerdos y que espero seguir acumulando más. Agradecer a cada uno de los que me dio apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida, algunos están aquí conmigo y otras viven en mis recuerdos y corazón. ¡Muchas gracias por todo!

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Diagrama de Ishikawa 4
Ilustración 2. Procesos básicos de la Ingeniería de Requisitos 16
Ilustración 3. Fases de MCPR-AD 22
Ilustración 4. Visualización de los Tipos de Dependencias 23
Ilustración 5. Ejemplo de un Grafo de Dependencias 24
Ilustración 6. Ejemplo de la influencia del Factor de Asociación (G) 30
Ilustración 7. Grafo de dependencias desarrollado por los participantes 36
Ilustración 8. Gráfico representativo del cuestionario de Usabilidad 47

Índice de Tablas

Tabla 1. Métricas para los Objetivos Específicos 5
Tabla 2. Métodos Existentes 9
Tabla 3. Características de los Métodos Cuantitativos y Cualitativos 13
Tabla 4. Comparación de los Tipos de dependencias 20
Tabla 5. Definición de los Tipos de Dependencias 23
Tabla 6. Matriz de dependencias, un ejemplo del traspaso de la información 25
Tabla 7. Descripción de los Participantes 32
Tabla 8. Requisitos de la Aplicación Web 33
Tabla 9. Descripción de tareas que deben realizar en cada fase los participantes 34
Tabla 10. Matriz de Dependencias con la información del Grafo de Dependencias 37
Tabla 11. Ranking Preliminar y Puntajes Obtenidos 38
Tabla 12. Aspectos y Prioridad identificados por los participantes 39
Tabla 13. Elementos de los aspectos identificados por los participantes 40
Tabla 14. Relación entre elementos y requisitos realizada por los participantes 41
Tabla 15. Ranking Final obtenido 42
Tabla 16. Tiempos empleados por los participantes en cada fase 44
Tabla 17. Preguntas realizadas durante el Focus Group 48
Tabla 18. Beneficios, inconvenientes, recomendaciones y comentarios generales del Focus Group 49
Tabla 19. Cuestionario de Usabilidad (Preguntas) 56

Tabla de contenidos

Capítulo 1: Introducción 1
1.1 Definición del problema 1
1.1.1 Diagrama de Ishikawa 4
1.2 Hipótesis 5
1.3 Objetivos 5
1.3.1 Objetivo General 5
1.3.2 Objetivos Específicos 5
1.3.2.1 Métricas Objetivos Específicos 5
1.4 Alcance 6
1.4.1 Limitaciones del alcance 6
1.4.2 Supuestos 6
Capítulo 2: Estado del arte y Marco teórico 6
2.1 Estado del Arte 6
2.1.1 Preguntas De Investigación 6
2.1.2 Estrategia de Búsqueda 7
2.1.2.1 Proceso de búsqueda 7
2.1.2.2 Recursos 7
2.1.2.3 Términos de Búsqueda 7
2.1.3 Selección de Estudios 7
2.1.4 Resultados de la búsqueda 8
2.1.4.1 Métodos existentes para priorizar requisitos de software (P1) 8
2.1.4.2 Limitaciones de los métodos de la priorización de requisitos de software. (P2) 12
2.1.5 Resultados de la investigación 15
2.2 Marco teórico 15
2.2.1 Ingeniería de requisitos 15
2.2.2 Priorización de requisitos 17
2.2.2.1 Dependencias 18
2.2.3 Requisito 20
Capítulo 3: Metodología 21

Capítulo 4: Propuesta 22
4.1 Descripción Formal de la Propuesta 22
4.1.1 Fase 1: Priorización inicial en base a las dependencias entre requisitos. 22
4.1.2 Fase 2: Definir los Aspectos de Beneficio y Costo para la priorización. 26
4.1.3 Fase 3: Identificar los elementos de cada aspecto de priorización. 27
4.1.4 Fase 4: Priorizar los requisitos basado en los elementos de los aspectos. 28
4.1.5 Fase 5: Calcular el Ranking Final de los requisitos. 29
Capítulo 5: Experimentación: Aplicación de la propuesta con usuarios 31
5.1 Descripción de la experimentación 31
5.1.1 Objetivos y Preguntas de Investigación 31
5.1.2 Descripción de los Participantes 32
5.1.3 Procedimiento 32
5.1.4 Caso de Estudio 33
5.2 Resultados de la Experimentación 35
5.2.1 Resultados por cada Fase 35
5.2.2 Resultados de Usabilidad 44
5.2.3 Resultados del Focus Group 48
Capítulo 6: Conclusiones y trabajo futuro 50
6.1 Conclusión 50
6.2 Trabajo Futuro 51
Referencias Bibliográficas 53
Anexo 1: Preguntas cuestionario de Usabilidad 56
Anexo 2: Transcripción del Focus Group 57

Capítulo 1: Introducción

En el presente capitulo se introduce una visión general de la ingeniería de requisitos y del proceso de priorización de requisitos, abordando la problemática existente e incluso el concepto de aspecto de priorización como atributo cualitativo para la priorización de requisitos, además, se presentan los objetivos del presente trabajo, tanto generales como específicos, con el propósito de ayudar a guiar la solución. Finalmente se describe tanto el alcance del proyecto, sus limitaciones y supuestos.

1.1 Definición del problema

Un requisito es una propiedad que un sistema de software debería tener para resolver algún problema del mundo real (del Águila Cano at al. 2005). Thakurta (2016) menciona que los requisitos proveen una descripción del sistema, su comportamiento, restricciones y especificaciones. Pandey et al. (2010) los define como atributos que son descubiertos antes de generar productos. Dick et al. (2017) exponen que los requisitos son la base de cualquier proyecto, definiendo las necesidades de todos los interesados. Por otro lado, en el área de la ingeniería de requisitos existe una necesidad de desarrollar software en tiempos más reducidos, así como también dentro del presupuesto, y es precisamente ahí donde los requisitos sólidos son la clave para permitir facilitar la tarea de desarrollar software (Laplante, 2017).

La ingeniería de requisitos se ocupa de la identificación de los objetivos que debe lograr el sistema previsto, la operacionalización de dichos objetivos en servicios y restricciones, y la asignación de responsabilidades para los requisitos resultantes a agentes como humanos, dispositivos y software (Van Lamsweerde at al. 2000), donde se recopilan los requisitos a través de un proceso con el fin de satisfacer las necesidades de los interesados dentro de un sistema, esto incluye, además, sus restricciones (De Lucia y Qusef, 2010). La ingeniería de requisitos tiene como objetivo el ayudar a conocer qué construir antes de comenzar el desarrollo de un sistema (Paetsch et al. 2003). En el proceso de la ingeniería de requisitos se involucran de forma general actividades como la elicitación, la especificación, la validación y la gestión de los requisitos (Grehag, 2005). Dentro de la elicitación de los requisitos es en donde se ubica el proceso denominado priorización de requisitos. Este proceso de priorización de requisitos es en donde se resuelven conflictos sobre los requisitos. Es decir, los interesados y desarrolladores colaboran, tomando decisiones de acuerdo mutuo y planificando los entregables del proyecto (Wohlin, 2005). Karlsson y Ryan (1997) opinan que la priorización de requisitos sugiere que las partes interesadas asignen recursos a los requisitos en función de sus prioridades.

Firesmith (2004) define la priorización de requisitos como un proceso con el fin de determinar el orden de implementación de los requisitos del sistema, dado un acordado orden de importancia aceptado por los interesados. Por otra parte, la priorización de requisitos nace debido a que no es posible implementar todos los requisitos solicitados

debido a las restricciones de los recursos, la existencia de riesgos, diferentes costos, entre otros (Berander & Andrews, 2005). Finalmente, para generar un proceso eficiente dentro de la ingeniería de requisitos, un factor crítico es la inequívoca clasificación de los requisitos (Achimugu et al. 2015).

Berander y Andrews (2005) definen a un aspecto de priorización como una propiedad o atributo de un proyecto de desarrollo de software y sus requisitos, por lo tanto, estos pueden ser utilizados para priorizar los requisitos de un proyecto de desarrollo de software. Por consiguiente, para la realización del proceso de priorización se pueden tomar en consideración uno o más aspectos de priorización que se relacionan a cada uno de los requisitos. Por ejemplo, un aspecto para la priorización puede ser la importancia, el riesgo, el costo o incluso el tiempo. Como menciona Herrmann y Daneva (2008), estos aspectos de priorización pueden ser agrupados principalmente en aspectos de priorización de beneficio o costo, o en conjunto. Los aspectos de priorización de beneficio permiten dar un valor positivo a los requisitos, en cambio, los aspectos de priorización de costo restan valor a los requisitos. Permitiendo ambos rescatar cualidades de los requisitos para su posterior priorización.

Existen diferentes métodos de priorización de requisitos, que en su gran mayoría pueden ser clasificados en tres grupos principales según qué escala de medición utilizan: escala nominal, escala ordinal y escala de proporción (Masadeh et al. 2018). Los métodos que utilizan las escalas nominales crean conjuntos enumerados para que los requisitos sean agrupados en cada uno de los conjuntos. Por otro lado, los métodos que incluyen escalas ordinales crean listas para organizar por importancia los requisitos. Y, por último, los métodos que utilizan escala de proporción usan una escala similar a la nominal, pero entregando significativas proporciones respecto a la importancia entre requisitos (Voola y Babu, 2013). Descrito lo anterior, un aspecto de priorización se entiende como una variable ordinal al momento de dar valor a un requisito. Achimugu et al. (2014) identifica la necesidad de incorporar mejoras como la facilidad de uso dentro de los métodos de priorización de requisitos. Es en este sentido que Hubaid et al. (2018) a través de una comparación sobre la facilidad de uso de nueve métodos de priorización de requisitos más utilizados, dos de ellos resultan ser de los mejor evaluados: Minimal Spanning Tree y Bubble Sort resultan ser el segundo y tercer, respectivamente, métodos más fáciles de usar, además, resultan ser los métodos que demoran un menor tiempo en completar la priorización de requisitos, por lo cual, el utilizar aspectos de priorización para priorizar requisitos permitiría entregar una mayor facilidad de uso en el proceso de priorización de requisitos.

Ante todo, existen dos grupos que pueden describir los tipos de métodos de priorización de requisitos: Los Métodos Cualitativos y los Métodos Cuantitativos. Los métodos cualitativos, de manera general, a través de cualidades o la utilización de una escala

nominal u ordinal, guían el proceso de priorización de requisitos asociándose a cada uno de los requisitos, en cambio, los métodos cuantitativos a través de la utilización de una escala de proporción, dando valor numérico a los requisitos, dirigen el proceso de priorización de requisitos. A continuación, se nombrarán métodos cuantitativos de priorización de requisitos: Analytic Hierarchy Process (Saaty, 2014), Grey-Wolf Algorithm (Masadeh et al. 2018), Cost Value Approach (Karlsson & Ryan, 1997) y Interactive Genetic Algorithm (Tonella et al. 2013) y Hybrid Approach using LFPP and ANN (Veer Singh et al. 2019). Si bien, utilizan aspectos de priorización tanto de beneficio como de costo, no los utilizan para dar valor a los requisitos, más bien como se mencionó anteriormente, asignan un valor numérico a cada uno de los requisitos. Por otro lado, se encuentran los métodos cualitativos de priorización de requisitos, por ejemplo: Bubblesort, Priority Groups, (Karlsson et al. 1998), Top-Ten Requirements (Berander y Andrews, 2005), Numerical Assignment (Bradner, 1997 & IEEE, 1998), Fuzzy MoSCow (Ahmad et al. 2017) y Binary Search Tree (Mead, 2006). Esto métodos de priorización mencionados si identifican aspectos de priorización de beneficio, pero no especifican directamente aspectos de priorización de costos, dejando entrever una diferencia importante dentro de los métodos de priorización tanto cualitativos como cuantitativos. Esto en conjunto a lo mencionado anteriormente acerca del poco uso de aspectos de priorización asociados a costos, es donde se identifica una problemática existente dentro de los métodos de priorización de requisitos. Apoyándose también en lo expuesto por Batra y Bhatnagar (2016) donde identifican la necesidad de agregar a los métodos de priorización de requisitos parámetros como el de costo, los riesgos y el esfuerzo.

En general los métodos de priorización existentes consideran diferentes aspectos dentro de su desarrollo, como se ha mencionado anteriormente muchos de estos sufren una serie de limitaciones que incluyen problemas de escalabilidad (Rojas y Macías, 2019), consideran beneficio y no costo o viceversa.

Las dependencias entre requisitos también son factor que afecta directamente al proceso de priorización de requisitos, dado que, muy a menudo, los requisitos dependen unos de otros. Un desafío comúnmente acordado en la priorización de requisitos es cómo manejar las dependencias entre requisitos. Como menciona Carlshamre (2002), los requisitos dependen unos de otros y las prioridades son siempre relativas, es decir, no considerar las dependencias también puede ser un factor del fracaso de un proyecto de desarrollo de software.

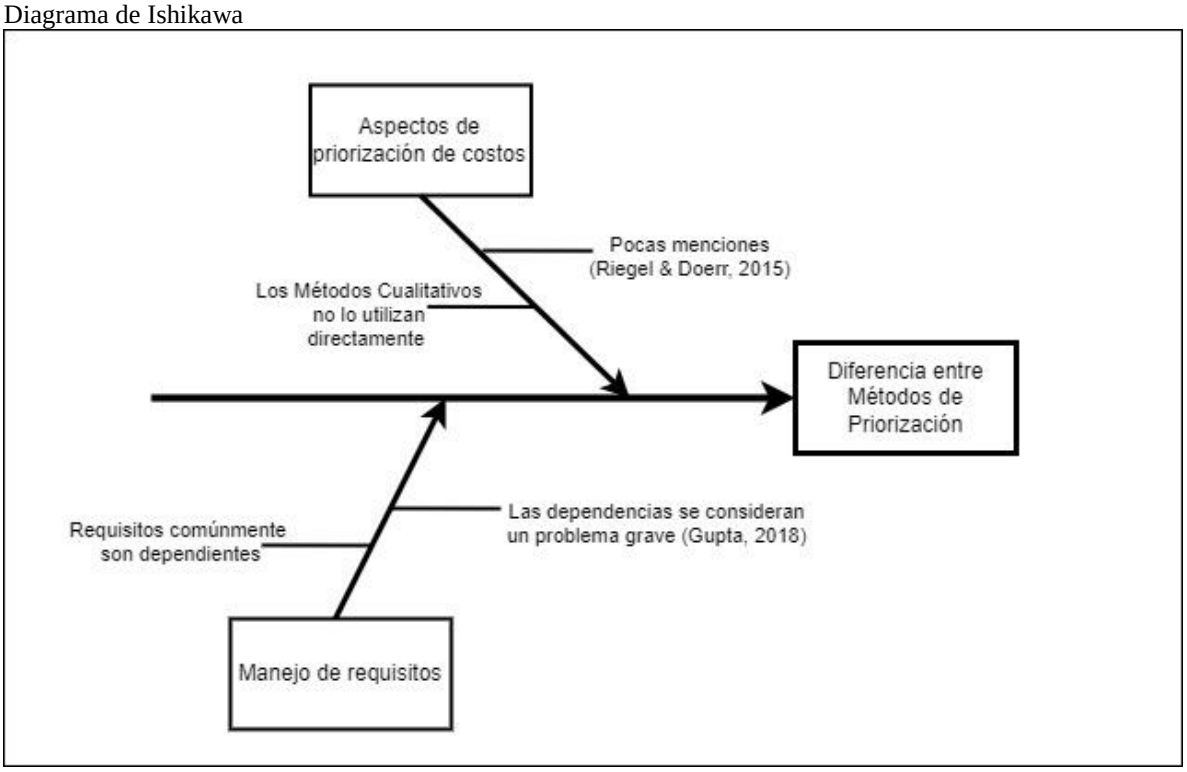
En el presente trabajo, se abordará las problemáticas anteriormente descritas que diferencian a los métodos de priorización de requisitos existentes, por una parte incorporar las dependencias entre requisitos es primordial, dado que, según el experimento de Karlsson et al.(1998), donde evalúa seis métodos de priorización de requisitos que son el Spanning tree, Bubblesort, Binary Search tree, Priority groups, AHP

and hierarchy AHP, menciona que ninguna de las métodos de priorización antes mencionadas tiene la capacidad de considerar la dependencia e interdependencia de los requisitos. Por lo que, a continuación, se presentará el diagrama de Ishikawa que resume la problemática.

1.1.1 Diagrama de Ishikawa

En la **Ilustración 1**, se ilustra el diagrama de Ishikawa, que muestra la problemática que se abordara.

Ilustración 1.
Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia

Como se menciona anteriormente existe una diferencia importante en métodos de priorización, tanto cualitativos como cuantitativos. En la **Ilustración 1** se representa diferentes aspectos causantes de la diferencia entre los métodos de priorización. Muy a menudo, los requisitos dependen unos de otros. Un desafío comúnmente acordado en la priorización es cómo manejar las dependencias entre los requisitos. Como dice Carlshamre (2002), “los requisitos dependen unos de otros y las prioridades son siempre relativas”. A partir de lo descrito anteriormente, es que se plantea la hipótesis a revisar en el siguiente apartado.

1.2 Hipótesis

Es posible diseñar un método de priorización de requisitos cualitativo basado en aspectos de priorización de costo y beneficio, y que además incorpore las dependencias entre requisitos.

1.3 Objetivos

En este apartado se presentan el objetivo general, así como también los objetivos específicos para el presente proyecto.

1.3.1 Objetivo General

Proponer un método de priorización de requisitos cualitativo basado en aspectos de priorización de costo y beneficio, y que además incorpore las dependencias entre requisitos.

1.3.2 Objetivos Específicos

A continuación, se detallarán los objetivos específicos con los cuales se busca validar el cumplimiento del objetivo general del presente proyecto.

1. Estudiar la literatura respecto a las diferentes propuestas para la priorización de requisitos.
2. Estudiar la literatura respecto a las dependencias.
3. Proponer un método de priorización de requisitos cualitativo basado en aspectos de priorización de costo y beneficio, y además incorpore las dependencias entre requisitos.
4. Validar el método a través de la evaluación cualitativa de un caso de estudio.

1.3.2.1 Métricas Objetivos Específicos

A continuación, se detallan las métricas de los objetivos específicos:

Tabla 1.

Métricas para los Objetivos Específicos

Objetivo Específico	Métrica	Real
OE1	Citar al menos 20 trabajos diferentes relacionados a la priorización de requisitos	Numero de trabajos citados = 42
OE2	Citar al menos 10 trabajos diferentes que utilicen o especifiquen las dependencias.	Numero de trabajos citados = 9
OE3	Proponer y especificar el método de priorización que conste de al menos 3 fases	Numero de fases = 5
OE4	Generar una validación del método de priorización mediante una evaluación cualitativa	Porcentaje de completitud de la evaluación cualitativa = 100%

Fuente: Elaboración Propia

1.4 Alcance

En este apartado se presentará el alcance del presente trabajo a desarrollar.

Para el presenten trabajo, se propone un método cualitativo de priorización de requisitos basado en aspectos de priorización de costo y beneficio, y que además incorpore las dependencias entre requisitos, utilizando una escala ordinal para dar valor a cada uno de los requisitos, midiéndose a través de una evaluación cualitativa.

1.4.1 Limitaciones del alcance

En este apartado se describen las limitaciones existentes dentro del alcance.

a) Dada la limitada cantidad de tiempo para la realización del presente trabajo, es que la revisión de la literatura será bajo consultas genéricas relacionadas a la priorización de requisitos, métodos de priorización de requisitos y una visión general de los tipos de dependencias.
b) Dada la limitada o nula cantidad de recursos monetarios, es que la revisión de la literatura puede no considerar ciertos documentos debido a que estos pueden estar restringidos por algún acceso especializado o deben ser adquiridos monetariamente.

1.4.2 Supuestos

En el presente apartado se abordan los supuestos que están presentes dentro del proyecto.

Para el presente trabajo se asume la existencia de aspectos de priorización que permiten describir cualquier proyecto de desarrollo de software y que a su vez permitan dar o restar valor relacionándose a los requisitos de un proyecto, permitiendo así su posterior revisión.

Capítulo 2: Estado del arte y Marco teórico

En el presente capitulo, se presentan el estado del arte y el marco teórico con el propósito de apoyar el trabajo y su entendimiento.

2.1 Estado del Arte

En el presente apartado, se dará a conocer el proceso de búsqueda de información que tiene como objetivo capturar el estado del arte en la investigación relacionada con los métodos de priorización de requisitos, con el propósito de responder las siguientes preguntas de investigación.

2.1.1 Preguntas De Investigación

- P1: ¿Cuáles son los métodos existentes para la priorización de requisitos de software?
- P2: ¿Cuáles son las limitaciones de los métodos de la priorización de requisitos?

Las preguntas de investigación permiten determinar que métodos de priorización de requisitos todavía se denominan importantes dentro de la literatura, así como que nuevos métodos están surgiendo,

además, de manera general, determinar cómo cada método realiza la priorización de requisitos y si existen limitaciones dentro del proceso o al aplicarse.

2.1.2 Estrategia de Búsqueda

En el presente apartado se establecerá la estrategia de búsqueda de la información recopilada de los diferentes sitios educativos, además, sus respectivas limitaciones de búsqueda. Cabe destacar que se consideran algunos puntos relevantes de la estrategia de búsqueda de Achimugu et al. (2014).

2.1.2.1 Proceso de búsqueda

Durante el proceso de búsqueda, como primer paso, principalmente se utilizó para consultas el motor de búsqueda Google Académico, en el cual se aplican términos de búsqueda (ver sección **2.1.2.3**) con el propósito de hallar estudios relacionados a la investigación, posteriormente, se aplica un proceso de elección de estudios (ver sección **2.1.3**), el cual determina si el documento es imprescindible para la presente investigación.

2.1.2.2 Recursos

En base al estudio de Gusenbauer et. al (2019), donde analiza motores de búsqueda académicos, concluye que Google Académico es el motor de búsqueda académico más completo. Por lo que, el recurso para el proceso de búsqueda se realizó mediante Google Académico, ya que al ser tan completo se logra obtener incluso artículos de otros motores de búsqueda, por ejemplo, "IEEE Xplore", "ScienceDirect", "Springer Link" y "ACM Digital Library", dándonos así una mayor fiabilidad de lo investigado.

2.1.2.3 Términos de Búsqueda

Antes de definir los términos de búsqueda, primero se establecen los siguientes pasos que se utilizaron para construir los términos de búsqueda:

a- Derivación de los términos principales de las preguntas de investigación.
b- Identificación de ortografías alternativas y sinónimos para los términos principales.
c- Identificación de palabras clave.
d- Uso del booleano OR para incorporar palabras alternativas o sinónimos.
e- Uso del booleano AND para vincular los términos principales.

Los términos de búsqueda resultantes se describen a continuación:

Requirements prioritization AND (methods/OR technique/OR approach) AND (Comparison/OR Classifications/OR Limitations/OR Significance/OR Descriptions/OR Importance/ OR Deficiency).

2.1.3 Selección de Estudios

En el presente apartado se aborda el procedimiento para seleccionar los estudios.

Luego de aplicar en Google Académico los términos de búsqueda y obtener como resultado un listado de diversos estudios. Para el proceso de selección de estudios se aplicaron los siguientes pasos:

- **Paso 1:** Al seleccionar un estudio, el título debe estar relacionado con los términos de búsqueda.

- **Paso 2:** Analizar el contenido del estudio seleccionado, consultando su introducción, resumen(*abstract*) y objetivo del estudio, con el propósito de concluir si la información es relevante para la investigación y si contribuye a las preguntas de investigación.
- **Paso 3:** Recopilar la información útil obtenida para la presente investigación.
- **Paso 4:** Considerar las referencias utilizadas para llegar a la base de los métodos que estudian.

A continuación, se abordarán los criterios para la selección de estudios:

Criterios de inclusión importantes:

- El manuscrito está en inglés.
- Se centra en la priorización de requisitos.
- El manuscrito contribuye a por lo menos una de las preguntas de investigación.
- El manuscrito fue publicado entre 2012 y 2022.

Criterios de exclusión importantes:

- El manuscrito no está en inglés.
- El manuscrito no contribuye a ninguna de las preguntas de investigación.
- El manuscrito no contiene suficiente información bibliográfica, por ejemplo, el editor.

1

2.1.4 Resultados de la búsqueda

En el presente apartado se procede a responder las dos preguntas de investigación mencionadas anteriormente.

2.1.4.1 Métodos existentes para priorizar requisitos de software (P1)

En la presente búsqueda, se identifican 21 métodos de priorización de requisitos de software listadas en la **Tabla 2**, dando una breve descripción del objetivo de cada método y, además, se incorpora el año de publicación, el tipo de documento y su respectivo autor.

En la actualidad, existe una gran variedad de métodos de priorización de requisitos utilizados en el proceso de desarrollo de software (Rashdan, 2021; Achimugu et al., 2014). Entre estos, el método *Analytic Hierarchy Process* (AHP)(Saaty, 1980), es uno de los más populares y citados (Rashdan, 2021; Achimugu et al., 2014). AHP utiliza para la priorización de requisitos una matriz de comparación por pares para calcular la importancia relativa de cada requisito, este método es sencillo de utilizar, debido a su facilidad de uso y estructura, es por esta razón que el método SAHP (Yaseen et al., 2020) utiliza AHP, SAHP utiliza el método AHP basado en *arboles de expansión*[1] para el proceso de priorización de requisitos. En la actualidad, algunos métodos implementan la utilización de árboles de expansión y/o grafos en el proceso de priorización de requisitos de software, por ejemplo, CDBR (Gupta, 2018), IFS (Gupta, 2019), SAHP (Yaseen et al., 2020) y *Enfoque Basado en Votación Acumulativa* (Yaseen et al., 2021), utilizan grafos para el manejo de las dependencias entre requisitos en el proceso de priorización de requisitos de software, en cambio métodos como, Enfoque *de Priorización de Requisitos Funcionales* (Roy et al., 2021) e IQ-BR (Devadas and Cholli, 2022) utilizan matrices para el proceso de identificar las dependencias entre requisitos; en el primer método identifican una matriz

[1] *Árbol de expansión: Es un grafo conexo y no dirigido compuesto por nodos y aristas*.

donde asignan un color diferente a cada requisito no funcional, y además, su respectivo valor de prioridad, luego representan a cada requisito funcional como un rectángulo, donde, dependiendo si es que algún requisito no funcional depende de este, se agregue dentro un círculo con el color y valor de prioridad correspondiente al requisito no funcional dependiente, por otra parte, el segundo método mediante un algoritmo crea una matriz de requisitos entregando por cada relación que exista, una valorización, indicando el tipo o grado de dependencia que tengan.

La importancia de un algoritmo como apoyo a los métodos de priorización de requisitos sigue creciendo a medida que el desarrollo de software implica más intereses, por ejemplo, partes interesadas o *stakeholders*, desarrolladores y tomadores de decisiones empresariales (Rashdan, 2021). Esto parece ayudarlos a todos a encontrar un compromiso u acuerdo. Métodos como IQ-BR y PTF-GRL (Devadas and Cholli, 2022), utilizan un algoritmo para seleccionar los requisitos relevantes entre las diferentes partes interesadas durante la priorización de requisitos a gran escala, para dar como resultado una *matriz de decisión de Pugh*[2]. SARiP (Chua et al., 2022), utiliza un algoritmo para clasificar los requisitos basándose en métodos como MoSCoW (Stapleton, 1997) y el modelo Kano (Kim et al., 2017). SRPTackle (Hujainah et al., 2021), DRank (Shao et al., 2017) y CBRank (Perini et al., 2012), utilizan algoritmos para reducir la participación de las partes interesadas en la priorización de requisitos, en cambio, *Fuzzy Linguistic Labels* (Rottoli and Casanova, 2022), proponen un método donde prefieren considerar opiniones de múltiples expertos sobre criterios de decisión proporcionado mediante etiquetas lingüísticas, así mismo, el método de *Priorización de Requisitos Utilizando Teoría Aproximada* (Sadiq and Susheela, 2021) también utiliza múltiples opiniones de las partes interesadas, pero asigna valores a los requisitos mediante un algoritmo. Por otra parte, existe un método que prefiere considerar múltiples aspectos de los requisitos para el proceso de priorización de requisitos, por ejemplo, DLM-MLSPR (Devadas and Cholli, 2022), el cual considera aspectos como valor, tiempo, costo, beneficio, penalización y el riesgo para asignar valores entre 1 y 9, donde 1 significa que el aspecto no afecta al requisito y 9 donde si afecta al requisito, ya sea por que consume mucho tiempo, tiene un alto valor, es muy costoso, etc. Finalmente, se puede observar que el auge de los métodos de priorización de requisitos basadas en algoritmos es una de las principales tendencias identificada a través de esta investigación. A continuación, se abordará el listado de los métodos encontrados en esta investigación.

Tabla 2.
Métodos Existentes

#	Método	Objetivo de la propuesta	Año de Publicación	Tipo de texto	Autor
1	IQ-BR	Presentan un método novedoso que aborda dependencias y que además prioriza una gran cantidad de requisitos.	2022	*Paper*	(Devadas and Cholli, 2022)
2	PTF-GRL	Proponen un método que involucra a todas las partes interesadas, utilizando matrices de decisión Pugh, mejorando la precisión y el tiempo de priorización de requisitos.	2022	*Pagínas de un libro*	(Devadas and Cholli, 2022)
3	DLM-MLSRP	Desarrollan un método de priorización de requisitos el cual considera aspectos de los requisitos como, valor, tiempo, costo, beneficio, penalización y riesgo. Utiliza el método de Lagrange para lograr rechazar requisitos de menor importancia dentro de la priorización de requisitos.	2022	*Paper*	(Devadas and Cholli, 2022)

[2] *Matriz de Pugh: Herramienta cuantitativa que permite comparar opciones entre sí mediante un arreglo multidimensional (una matriz de decisiones).*

4	LSDM	Presentan un proceso para la priorización de requisitos en la cual identifican diversos criterios con las partes interesadas (positivas y negativas) con el fin de lograr establecer similitudes para luego priorizar los requisitos.	2022	*Paper*	(Gerogiannis and Tzimos, 2022)
5	Fuzzy Linguistic Labels	Presentan un método de priorización de requisitos capaz de considerar las opiniones de muchos expertos sobre múltiples criterios de decisión proporcionados mediante etiquetas lingüísticas.	2022	*Paper*	(Rottoli and Casanova, 2022)
6	SARiP	Proponen un método de priorización que implementa un proceso semiautomático, utilizando arboles de decisiones y basándose en métodos como MoSCoW y Kano, para clasificar criterios de los requisitos.	2022	*Paper*	(Chua et al., 2022)
7	Priorización de Requisitos utilizando Teoría Aproximada	Presentan un método de priorización de requisitos considerando las opiniones de las partes interesadas, asignándoles valores a los requisitos mediante un algoritmo en el cual se generan números de aproximación inferior y superior.	2021	*Paper*	(Sadiq and Susheela, 2021)
8	Enfoque de Priorización de Requisitos Funcionales	Presentan un enfoque de priorización de requisitos, considerando requisitos no funcionales para minimizar las inconsistencias dentro de la priorización de requisitos.	2021	*Paper*	(Roy et al., 2021)
9	Enfoque Basado en *Comulative Voting* y los Grupos Prioritarios	Presentan un método que durante el proceso de priorización utiliza grafos acíclicos dirigidos para el manejo de dependencias, convirtiendo estos en arboles de expansión para proceder a utilizar el método Comulative Voting para priorizar los requisitos.	2021	*Paper*	(Yaseen et al., 2021)
10	SRPTackle	Presentan un método de priorización de requisitos que, mediante algoritmos de búsqueda binaria, intentan minimizar la necesidad de participación de expertos dentro de la priorización de requisitos.	2021	*Paper*	(Hujainah et al., 2021)
11	SAHP	Presentan un método de priorización de requisitos que utiliza Analytic Hierarchy Process (AHP) basado en arboles de expansión para el manejo de dependencias.	2020	*Paper*	(Yaseen et al., 2020)
12	Priorización de Requisitos Basada en Costo utilizando *Artificial Bee Colony*	Presentan un método de priorización de requisitos que utiliza un algoritmo de optimización (ABC), basándose en el costo de los requisitos para esta principal tarea de priorizar.	2020	*Paper*	(Upadhyay and Sharma, 2020)

13	IFS	Proponen un método de priorización de requisitos interactivo que considera priorizaciones de requisitos de las partes interesadas y desarrolladores, uno asigna valores y ponderaciones a los criterios para priorizar, y el otro utiliza grafos para manejar las dependencias y obtener la priorización, respectivamente. Considerando ambas priorizaciones calculan el valor de prioridad final.	2019	*Pagínas de un libro*	(Gupta, 2019)
14	CDBR	Presentan un método de priorización de requisitos que considera limitaciones, partes interesadas y desarrolladores, para seleccionar el orden correcto de los requisitos.	2018	*Pagínas de un libro*	(Gupta, 2018)
15	DRank	Proponen un método de priorización de requisitos semiautomático que considera las preferencias de las partes interesadas y aspectos de los requisitos como, por ejemplo, dependencias.	2017	*Pagínas de un libro*	(Shao et al., 2017)
16	SAFFRON	Presentan un marco semiautomático para la priorización de requisitos que predice las calificaciones de las partes interesadas para reducir las interacciones humanas en el proceso de priorización de requisitos.	2017	*Paper*	(Asif et al., 2017)
17	CBRank	Proponen un método de priorización de requisitos que utiliza un algoritmo de aprendizaje que produce una aproximación de las preferencias de las partes interesadas, reduciendo la participación de las partes interesadas.	2012	*Paper*	(Perini et al., 2012)
18	Cumulative Voting o 100$	Asignan un numero específicos de unidades (dólares, puntos, etc.) a las partes interesadas, así, se asignan estas unidades a los requisitos, identificando la prioridad que representa cada uno.	2005	*Libro*	(Berander and Andrews, 2005)
19	MoSCoW	Método para la priorización de requisitos de manera colaborativa, en la cual se asignan categorías cualitativas para asignar la prioridad o importancia de cada requisito.	1997	*Pagínas de un libro*	(Stapleton, 1997)
20	Kano	Sugieren un enfoque de priorización de requisitos a través de una escala cualitativa en una de sus dimensiones de priorización, con el fin de categorizar los requisitos de mayor importancia.	1984	*Pagínas de un libro*	(Kano et al., 1984)
21	Analytic Hierarchy Process (AHP)	Presentan un método de priorización de requisitos que utiliza matriz de comparación por pares para calcular la importancia relativa de cada requisito, y así priorizar.	1980	*Pagínas de un libro*	(Saaty, 1980)

Fuente: Elaboración Propia

2.1.4.2 Limitaciones de los métodos de la priorización de requisitos de software. (P2)

Métodos que requieren mucho tiempo y esfuerzo humano debido a que limitados por el número de requisitos que los responsables, expertos o las partes interesadas puedan procesar e incluso los desacuerdos que se pueden presentar en cuanto a los requisitos considerados más importantes. Motivados por esto, es que los métodos han intentado disminuir este tipo de participación de los diferentes interesados durante el proceso de priorización de requisitos (*SPRTackle*, *DRank*, *SAFFRON* y *CBRank*), con el fin de reducir el tiempo de priorización de requisitos, en cambio otros métodos prefieren consideran múltiples opiniones de las diferentes partes (*PTF-GRL, LSDM, Fuzzy Linguistic Labels*, *IFS* y *CDBR*) durante el proceso de priorización de requisitos con el fin de lograr llegar a un común acuerdo entre todas las partes interesadas. El tiempo es un factor importante a nivel empresarial, es por esto, que algunos métodos investigados (*IQ-BR, PTF-GRL*, *SRPTackle* y *SARiP*) utilizan algoritmos o métodos asistidos por computadora, con el fin de automatizar los procesos de priorización de requisitos considerados dentro de cada método. Si bien, no siempre esto reduce el tiempo de priorización de requisitos, además, como menciona Rashdan (2021), los métodos asistidos por computador requieren al menos de un especialista para ejecutar y monitorear el proceso.

Dentro de las limitaciones, la dependencia entre requisitos y la escalabilidad se consideran uno de los problemas graves (Gupta et al. 2018). El tema de las dependencias ha sido una de las limitaciones o aspectos más comentadas a lo largo de la historia (Karlsson et al.1998; Carlshamre, 2002; Dver, 2003; Gupta et al. 2018). Por lo que métodos como *IQ-BR, Enfoque de priorización de requisitos funcionales, Enfoque Basado en Comulative Voting y los Grupos Prioritarios, SAHP, IFS, CDBR* y *DRank* consideran en su proceso de priorización de requisitos el manejo de las dependencias. Por otra parte, incluir o considerar clasificar los requisitos, es otro aspecto que algunos métodos han considerado, y la más común es: Requisitos funcionales y Requisitos no funcionales, métodos como *IQ-BR, SARiP, Priorización de requisitos utilizando teoría aproximada, Enfoque basado en Comulative Voting, Los grupos prioritarios para priorizar los requisitos funcionales, SAHP, Priorización de requisitos basada en costo utilizando Artificial Bee Colony* y *Drank*, consideran uno o ambos tipos de clasificación. Esto no solo permite identificar a que categoría pertenecen, sino que, además, permite lograr un equilibrio entre los requisitos correspondientes a las necesidades percibidas del usuario (Karlsson et al., 2002).

A continuación, en la **Tabla 3** se listan los métodos de priorización de requisitos identificados en la **Tabla 2**, describiendo si durante el proceso de priorización de requisitos consideran las dependencias entre requisitos e incluso si consideran algún tipo de clasificación de requisitos. Para comprender de mejor manera los diferentes métodos existentes, se debe mencionar nuevamente que existen dos grupos que pueden describir los tipos de métodos de priorización de requisitos: Cualitativos y Cuantitativos. Esto con el propósito de comparar los diferentes requisitos existentes con su respectivo grupo.

Tabla 3.

Características de los Métodos Cuantitativos y Cualitativos

Grupo	Método	¿Abordan las dependencias entre requisitos? ¿Como?	¿Abordan algún tipo de requisito? ¿Cómo?
Métodos Cuantitativos	IQ-BR	Si abordan, utilizan un algoritmo llamado Qubit para manejar las dependencias entre requisitos, para luego crear una matriz de requisitos, entregando por cada relación que exista, una valorización indicando el tipo de dependencia que tengan.	Si abordan, definen 2 tipos, funcionales y no funcionales, trabajándolas en una matriz de vectores de decisión (con la intención de identificar las dependencias entre Requisitos Funcionales y Requisitos No Funcionales).
	PTF-GRL	No abordan, ni mencionan.	Si abordan, luego de aplicar los algoritmos utilizan una matriz de decisión Pugh para obtener y seleccionar requisitos funcionales y no funcionales.
	DLM-MLSRP	No abordan, ni mencionan.	Si abordan, identifican que existen requisitos funcionales y no funcionales, pero lo priorizan dentro de un mismo conjunto de requisitos.
	LSDM	No abordan, mencionan considerar u abordar en un trabajo de investigación futuro.	No abordan, ni mencionan.
	Fuzzy Linguistic Labels	No abordan, ni mencionan.	No abordan, ni mencionan.
	Enfoque de priorización de requisitos funcionales	Si abordan, identifican una matriz donde asignan un color diferente a cada Requisito No Funcional y, además, su respectivo valor de prioridad, luego representan a cada Requisito Funcional como un rectángulo, donde, dependiendo si es que algún Requisito No Funcional depende de este, se agregue dentro un círculo con el color y valor de prioridad correspondiente al Requisito No Funcional dependiente.	Si abordan, identifican Requisitos Funcionales y No Funcionales, para el manejo de las dependencias.
	Enfoque basa en CV y los grupos prioritarios para priorizar los requisitos funcionales	Si abordan, utilizan un grafo acíclico dirigido, para identificar las dependencias, convirtiendo estos grafos en arboles de expansión, indicando a la rama padre como la de mayor prioridad.	Si abordan, identifican y utilizan solo Requisitos Funcionales de un proyecto de software real.
	SRPTackle	No abordan, asumen que los requisitos utilizados son independientes.	No abordan, ni mencionan.
	SAHP	Si abordan, utilizan un grafo acíclico dirigido para identificar las dependencias, transformando el grafo en un árbol de expansión. Para luego aplicar AHP. Asignando un valor 1 si no tiene dependencia, y un 2 si es que la tiene.	Si abordan, utilizan Requisitos Funcionales. Asigna valores, pero en base a las dependencias que puedan tener los requisitos.
	Priorización de requisitos basada en costo utilizando Artificial Bee Colony	No abordan, ni mencionan.	Si abordan, utilizan Requisitos Funcionales y No Funcionales, asignando valores entre 0,001 y 1, donde 1 indica una muy alta

			importancia. Esto mediante una matriz de requisitos.
	IFS	Si abordan, los desarrolladores son los encargados de ver las dependencias y lo hacen mediante un grafo, dándoles peso o valor mediante fórmulas en las cuales consideran diferentes factores.	No abordan, ni mencionan.
	CDBR	Si abordan, lo hacen mediante un grafo acíclico dirigido, identificando 2 tipos de dependencia, directa e indirecta; Directa es cuando un requisito X depende de un requisito Y, indirecta es cuando el requisito X depende de Y, e Y depende de Z, por lo que indirectamente X depende de Z.	No abordan, ni mencionan.
	DRank	Si abordan, mediante un algoritmo basado en *PageRank*[3] analizan las dependencias y permiten que las dependencias se transformen automáticamente en relaciones de orden parcial.	Si abordan, establece como supuesto que los requisitos a priorizar son requisitos funcionales, no los trabajan de alguna manera en especial.
	SAFFRON	No abordan, ni mencionan.	No abordan, ni mencionan.
	Comulative Voting	No abordan, ni mencionan.	No abordan, ni mencionan.
	Analytic Hierarchy Process (AHP)	No abordan, ni mencionan.	No abordan, ni mencionan.
Métodos Cualitativos	Priorización de requisitos utilizando Teoría Aproximada	No abordan, ni mencionan.	Si abordan, utilizan e identifican requisitos funcionales y no funcionales. Realiza una evaluación de los Requisitos Funcionales con base en los Requisitos No Funcionales, y mediante una escala lingüística los tomadores de decisiones definen la prioridad en base a 3 tipos de Requisitos Funcionales (Seguridad, Confiabilidad y desempeño).
	SARiP	No abordan, ni mencionan.	Si abordan, identifican Requisitos Funcionales y No Funcionales para la priorización de requisitos, pero los trabaja como un solo conjunto de requisitos.
	Kano	No abordan, ni mencionan.	No abordan, ni mencionan.
	CBRank	No abordan, indican que, entre los 46 requisitos utilizados, no existe dependencias entre requisitos.	No abordan, ni mencionan.
	MoSCoW	No abordan, ni mencionan.	No abordan, ni mencionan.

Fuente: Elaboración Propia

[3] *Algoritmo PageRank: Algoritmo creado para medir la importancia y la calidad de una página web en un rango que va del 0 al 10, siguiendo una serie de criterios medibles.*

2.1.5 Resultados de la investigación

Entre los métodos encontrados y comparados, la tendencia es particularmente visible, y debido a la creciente complejidad del software moderno, se vuelve cada vez más complicado aplicar métodos de priorización de requisitos que se basen exclusivamente en la evaluación manual, por lo que los investigadores han recurrido a explorar algoritmos y otros métodos asistidos por computadora para la priorización de requisitos.

La dependencia es otro punto clave. A medida que crecen los requisitos, también los hacen las dependencias entre ellos, un error de la evaluación puede conducir fácilmente al fracaso del proyecto si, no se implementan funcionalidades del software. Por lo que, los autores de los métodos más actuales han considerado este tipo de aspectos en su proceso de priorización de requisitos (Devadas and Cholli, 2022; Roy et al., 2021; Yaseen et al., 2021; Hujainah et al., 2021; Yaseen et al., 2020; Gupta, 2019; Gupta, 2018 y Shao et al., 2017), además, algunos autores también han considerado clasificar los requisitos, y la que más se repite son dos: Requisitos Funcionales y Requisitos No Funcionales.

Finalmente, se observa que, durante el transcurso de los años, los métodos de priorización de requisitos, cuantitativo, logran considerar las dependencias entre requisitos dentro de su proceso de priorización, siendo esto un gran avance para el área de ingeniería de requisitos y para el conocimiento en general, pero en cuanto a métodos de priorización cualitativos hay un déficit, por lo que, en la presente investigación se logra identificar que no existe un método cualitativo que considere dependencias entre requisitos. Concluyendo la captura del estado del arte, se mantiene la postura de crear un método de priorización cualitativo que incorpore las dependencias entre requisitos, con el propósito de aportar y generar una solución al proceso de priorización de requisitos.

2.2 Marco teórico

En el presente apartado se recopilan los antecedentes o consideraciones teóricas para sustentar el presente proyecto de investigación.

2.2.1 Ingeniería de requisitos

La ingeniería de requisitos se ocupa de la identificación de los objetivos que debe lograr el sistema previsto, la operacionalización de dichos objetivos en servicios y restricciones, y la asignación de responsabilidades para los requisitos resultantes a agentes como humanos, dispositivos y software (Van Lamsweerde, 2000). El proceso de ingeniería de requisitos varia enormemente según el tipo de aplicación que se desarrolle, el tamaño y la cultura de las empresas involucradas y los procesos de adquisición de software utilizados (Sommerville, 2005).

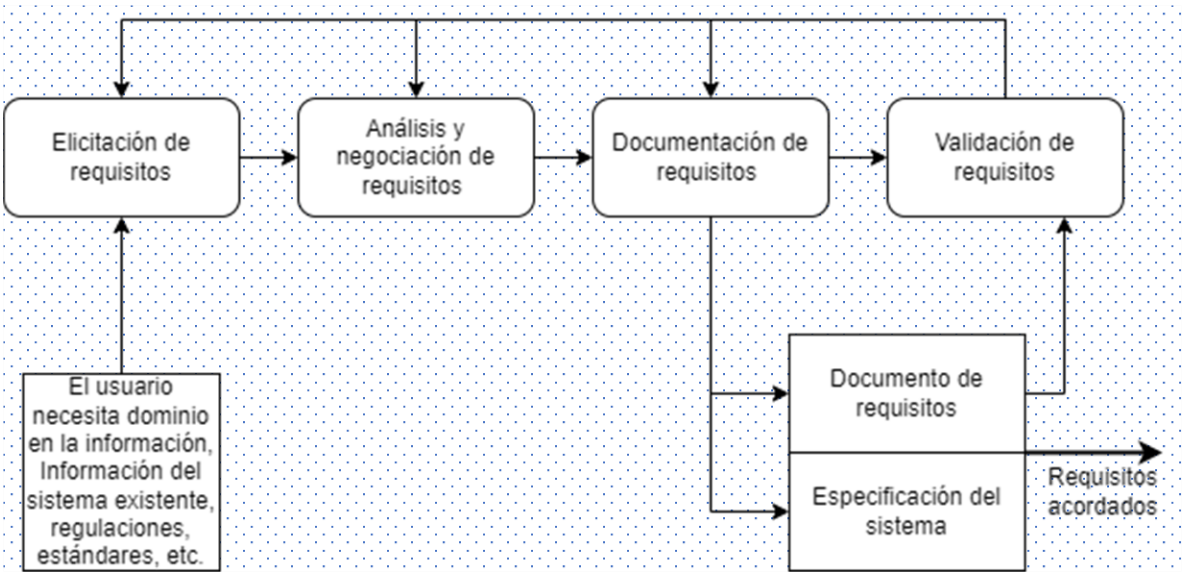
La ingeniería de requisitos permite la gestión adecuada de los requisitos de un proyecto de desarrollo de software. Además, mejora la capacidad para realizar planificaciones de los procesos de proyectos de desarrollo de software puesto que el conocer que se tiene que desarrollar permite una efectiva proyección de las actividades, recursos, costos, tiempo, etc., del proyecto. Según Sommerville (2005), se puede considerar como el proceso de comunicación entre los clientes, los usuarios del software y los desarrolladores de este.

Llevar a cabo de manera adecuada el proceso de ingeniería de requisitos disminuye la probabilidad del fracaso de un proyecto. Lo peor que puede suceder en la ingeniería de requisitos es que su conjunto

de requisitos, sin importar cómo se expresen, no represente con precisión las necesidades de sus usuarios y, en consecuencia, lleve a su equipo por el camino de desarrollo equivocado (Lawrence et al., 2001). Esto es porque los requisitos bien definidos permiten conocer de un modo conciso que debe ser capaz de realizar el software a desarrollar y hace orientar las actividades, recursos y esfuerzos de manera eficiente permitiendo la disminución de costos y retrasos. Según Kotonya y Sommerville (1998), la secuencia básica del proceso de ingeniería de requisitos incluye obtención de requisitos, análisis y negociación de requisitos, documentación de requisitos y validación de requisitos. En la **Ilustración 2** se visualiza la secuencia básica del proceso de ingeniería de requisitos según Kotonya y Sommerville (1998).

Ilustración 2.

Procesos básicos de la Ingeniería de Requisitos



Fuente: Adaptado del Modelo de actividad de grano grueso del proceso de ingeniería de requisitos (Kotonya y Sommerville 1998)

A continuación, se define el proceso de ingeniería de requisitos identificado en la **Ilustración 2** (García et al., 2020).

a- **Obtención (elicitación) de requisitos:** Este proceso, probablemente es uno de los más críticos y el más difícil de realizar, tiene como objetivos buscar, investigar y ayudar a clientes, y usuarios a documentar sus necesidades.

b- **Análisis de requisitos:** Esta actividad es parte del subproceso de aseguramiento de calidad, tiene por objetivo principal detectar conflictos en los requisitos obtenidos, normalmente mediante métodos de modelado conceptual y de prototipado de interfaz de usuario.

- **Negociación de requisitos:** El objetivo de este subproceso es buscar soluciones a los conflictos detectados que satisfagan a los distintos *stakeholders*.

c- **Documentación (especificación) de requisitos:** Documento que define, de forma completa, precisa y verificable, los requisitos, el diseño, el comportamiento u otras características de un sistema o componente de un sistema.

d- Validación de requisitos: Esta tercera actividad de calidad intenta asegurar que los requisitos verificados reflejan realmente las necesidades de clientes y usuarios

2.2.2 Priorización de requisitos

La priorización de requisitos contribuye a la identificación de los conjuntos que son críticos para el éxito del proyecto de software, conjuntos que se ubican en las primeras iteraciones, y el otro resto de conjuntos que son críticos para el éxito del proyecto son considerados triviales y se ejecutan más tardíos.

La priorización de requisitos es una actividad crítica dentro de la Ingeniera de Requisitos, ya que resulta de vital importancia realizar este proceso, porque mediante este se determinará el orden de los requisitos en la fase de desarrollo de software .Esta implica la constitución de un proceso de decisión de naturaleza compleja (Azzolini, 2012), ya que permite afrontar la toma de decisiones en los aspectos de la vida; en fin, se puede modelar como un problema de toma de decisiones (Espinilla et al., 2010) para arribar a una decisión constante. En cuanto a esta actividad han existido diversas concepciones de cómo entender dicha acción. Por ejemplo, Somerville (2005) lo considera una actividad mediante la cual los requisitos de software más importantes son descubiertos. Mientras, Firesmith (2004) lo define como un proceso que determina el orden de importancia de los requisitos en función de la intuición de los interesados.

Por otra parte, Karlsson et al. (1998) proponen que un proceso de priorización consiste en tres etapas. La primera consiste en la etapa de preparación, en donde se estructuran los requisitos de acuerdo con el método de priorización a utilizar. Se presenta un equipo de trabajo que debe proveer de toda la información necesaria. La segunda etapa es donde se realiza la priorización de los requisitos usando la información otorgada en la etapa anterior. La tercera y última etapa es donde se revisan los resultados de la priorización a todos quienes participaron. Lo anterior describe lo mínimo que debe tener un método de priorización de requisitos. Es decir, si se requiere desarrollar un nuevo método de priorización de requisitos, es necesario que al menos contengan las tres etapas descritas por Karlsson et al. (1998).

Existen diferentes aspectos que se consideran durante el proceso de priorización de requisitos, como, el beneficio que les brinda al cliente o al negocio implementar ciertas funcionalidades o requisitos, así como también el costo que estos pueden generar. La penalización es otro aspecto clave, ya que el no incluir alguna función, regulación, estándar, etc., podría incurrir a una sanción alta o guiar el proyecto al fracaso. El riesgo también es considera un aspecto relevante, estos comúnmente los estiman los desarrolladores, debido a que ellos determinan si las funcionalidades que se les exigen son fáciles o difíciles de implementar, logrando así identificar los tiempos necesarios y/o recursos. Por otra parte, un factor importante que se desarrolla durante el proceso de la priorización, son las dependencias entre requisitos, ya que si bien un requisito “x” puede tener diversos aspectos en contra (alto costo, alto riesgo, bajo beneficio), existe la posibilidad que un requisito “y” que si tiene aspectos a su favor(bajo costo, bajo riesgo, alto beneficio) dependa de la implementación del requisito “x”, por lo que no considerarlo podría generar conflictos durante el proceso de desarrollo de software. A continuación, se abordará el significado y los tipos de dependencias existentes, con el propósito de comprender de mejor manera como se relacionan.

2.2.2.1 Dependencias

En el presente apartado se describirán los tipos de dependencias existentes dentro de la literatura, así como también se establecerá un cuadro comparativo para definir cual o cuales se utilizarán en la propuesto del método de priorización de requisitos.

I. Tipos de Dependencias

Muy a menudo, los requisitos dependen unos de otros. Un desafío comúnmente acordado en la priorización es cómo manejar las dependencias entre los requisitos. Como menciona Carlshamre (2002), los requisitos dependen unos de otros y las prioridades son siempre relativas. A continuación, se describen los tipos de dependencias existentes dentro de la literatura.

1- **El Instituto de Manejo de Proyectos** (*Project Management Institute*) en su sexta edición de la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía *del PMBOK®*) define que la dependencia tiene cuatro atributos, pero solo se pueden aplicar dos simultáneamente, de la siguiente forma: dependencias obligatorias externas, dependencias obligatorias internas, dependencias discrecionales externas o dependencias discrecionales internas. A continuación, se presenta la definición de los tipos de dependencias según el Instituto de Manejo de Proyectos.

- **Dependencias obligatorias:** Las dependencias obligatorias, también denominadas como "lógica dura" o "dependencias duras", son las requeridas legalmente o por contrato o las inherentes a la naturaleza del trabajo. Las dependencias obligatorias a menudo implican limitaciones físicas, como en un proyecto de construcción, en que es imposible erigir la superestructura hasta que no se hayan construido los cimientos; o en un proyecto de electrónica, en que es necesario haber construido el prototipo para poder probarlo.

- **Dependencias discrecionales:** Las dependencias discrecionales se denominan en ocasiones "lógica preferida", "lógica preferencial" o "lógica blanda". Las dependencias discrecionales se establecen con base en el conocimiento de las mejores prácticas dentro de un área de aplicación particular o a algún aspecto poco común del proyecto, donde se requiere una secuencia específica, aunque existan otras secuencias aceptables. Por ejemplo, las mejores prácticas generalmente aceptadas recomiendan que durante la construcción, el trabajo eléctrico debería comenzar luego de terminar el trabajo de plomería. Este orden no es obligatorio y ambas actividades pueden ocurrir al mismo tiempo (en paralelo), pero realizar las actividades en orden secuencial reduce el riesgo general del proyecto.

- **Dependencias externas:** Las dependencias externas implican una relación entre las actividades del proyecto y aquéllas que no pertenecen al proyecto. Por regla general estas dependencias están fuera del control del equipo del proyecto. Por ejemplo, la actividad de prueba en un proyecto de software puede depender de la entrega del hardware por parte de una fuente externa, o en el caso de un proyecto de construcción, pueden ser necesarias evaluaciones gubernamentales de impacto

ambiental antes de iniciar la preparación del emplazamiento. El equipo de dirección del proyecto, durante el proceso de secuenciación de las actividades, determina qué dependencias son externas.

- **Dependencias internas:** Las dependencias internas implican una relación de precedencia entre actividades del proyecto y por regla general están bajo el control del equipo del proyecto. Por ejemplo, si el equipo no puede probar una máquina mientras no la haya ensamblado, existe una dependencia interna obligatoria. El equipo de dirección del proyecto, durante el proceso de secuenciación de las actividades, determina qué dependencias son internas.

2- El **Método de Diagramación por Procedencias (PDM**) incluye y define cuatro tipos de dependencias o comúnmente denominadas relaciones lógicas. A continuación, se definen las cuatro relaciones lógicas:

- **Final a Inicio (FI):** Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya concluido una actividad predecesora. Por ejemplo, la instalación del sistema operativo en una PC (sucesora) no puede comenzar hasta que el hardware de la PC sea ensamblado (predecesora).

- **Final a Final (FF):** Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya concluido una actividad predecesora. Por ejemplo, es necesario terminar de redactar un documento (predecesora) antes de que pueda finalizar su edición (sucesora).

- **Inicio a Inicio (II):** Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya comenzado una actividad predecesora. Por ejemplo, nivelar el cemento (sucesora) no puede comenzar antes de comenzar a verter los cimientos (predecesora).

- **Inicio a Final (IF):** Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya comenzado una actividad predecesora. Por ejemplo, un nuevo sistema de cuentas a pagar (sucesora) tiene que comenzar antes de que el antiguo sistema de cuentas a pagar pueda ser anulado (predecesora).

3- El autor **Gupta** (2018), creador del método de priorización de requisitos CDBR, identifica 2 tipos de dependencias:

- **Dependencia Directa:** En simples palabras un requisito X depende de un requisito Y, se considera directa.

- **Dependencia Indirecta:** Si un requisito X depende directamente de un requisito Y, e Y depende directamente de Z, se considera que X depende indirectamente de Z.

Si bien existen diversos tipos de dependencias que podrían ser de utilidad en la propuesta, a continuación, se realizará una tabla comparativa para definir cual o cuales se utilizaran.

II. Comparación de los Tipos de dependencias

Tabla 4.
Comparación de los Tipos de dependencias

Autor o Método	Tipos de Dependencias	¿Posee alguna ventaja o desventaja para la propuesta?
El Instituto de Manejo de Proyectos (Project Management Institute, 2017)	Dependencias Obligatorias, Dependencias Discrecionales, Dependencias Externas y Dependencias Internas.	Tienen el objetivo de encontrar el orden óptimo de ejecución de cada actividad, pero no es factible para nuestra propuesta, ya que se rige en lineamientos de dirección de proyectos, por lo que, incorporarlas podría no ser beneficioso para la propuesta.
El Método de Diagramación por Precedencia (PDM, 2017)	Final-Inicio (FI), Inicio-Inicio (II), Inicio-Final (IF) y Final-Final (FF)	Las dependencias o relaciones lógicas indican la secuencia en que las actividades deben ser ejecutadas, estas a pesar de estar ligadas a los proyectos, permitiría identificar qué tipo de relación representan los requisitos dependientes.
Gupta (2018)	Dependencia Directa y Dependencia Indirecta	Es muy sencilla de comprender y de aplicar, además de haber sido considerada en un método de priorización.

Fuente: Elaboración Propia

En base a lo establecido en la **Tabla 4**, para la propuesta se utilizará los tipos de dependencias identificados por Gupta (2018), debido a que estos son sencillos de comprender y de aplicar, y, además, se utilizarán algunas de las relaciones lógicas del Método de Diagramación por Precedencia (PDM,2017), específicamente FI, II y FF, ya que, estas permitirán identificar qué tipo de relación representa a los requisitos dependientes.

2.2.3 Requisito

Un requisito es simplemente una declaración de algo necesario para asegurar que el sistema cumpla con un objetivo operativo en el momento adecuado (Alfor y Lawson, 1979). Los requisitos de un sistema describen los servicios que ha de ofrecer el sistema y las restricciones asociadas a su funcionamiento (Lehtola, 2006). El estándar IEEE define este término (IEEE Std 610.12, 1990) como:

1- Una condición o capacidad que necesita un usuario para resolver un problema o lograr un objetivo
2- Una condición o capacidad que debe cumplir o poseer un sistema o componente del sistema para satisfacer un contrato, estándar, especificación u otro documento impuesto formalmente
3- Una representación documentada de una condición o capacidad como en (1) y (2)

Davis (1993) complementa la definición del IEEE al definir un requisito como "Una necesidad del usuario o una característica, función o atributo necesario de un sistema que puede detectarse desde una posición externa a ese sistema". Kotonya y Sommerville (1998) afirman que los requisitos (del sistema) definen que debe hacer el sistema y las circunstancias en la que debe operar.

Capítulo 3: Metodología

La metodología o el método de investigación seguido para realizar nuestro trabajo ha sido inspirado en la Ciencia del Diseño aplicada a los sistemas de información (Hevner et al., 2004), que proporciona un marco para presentar y evaluar investigación en ciencia del diseño en el campo. De esta manera, se sigue las siete directrices establecidas por *Design Science*. Primero, hemos creado un método innovador con propósito (directriz 1) basado en la priorización de requisitos, en un dominio de problema específico, que es la incorporación de aspectos de priorización y el manejo de las dependencias entre requisitos (directriz 2). La solución propuesta es adecuada para el problema planteado (directriz 3), como ha quedado demostrado a través de la evaluación realizada, que proporciona y realiza lo propuesto (directriz 4). Por otra parte, la propuesta ha sido descrita formalmente utilizando descripciones matemáticas e internas (directriz 5), proporcionando un proceso de búsqueda por el cual se construye el espacio del problema y se establece el mecanismo de priorización para encontrar una solución efectiva a través de la comparación entre diferentes métodos de priorización (directriz 6). Finalmente, tanto la solución como los resultados han sido descritos a través de este documento (directriz 7). La presente investigación consta de seis capítulos, el primero indica la introducción y la problemática que se debe abordar. El capítulo dos representa la investigación de los métodos existentes, presentando el Estado del Arte y el Marco Teórico con el propósito de apoyar el trabajo y su entendimiento. El capítulo tres presenta la metodología utilizada. El capítulo cuatro presenta formalmente el método propuesto **MCPR-AD**. El capítulo cinco, presenta una experimentación del método MCPR-AD con usuarios reales, con el propósito de obtener información relevante mediante una entrevista de Grupo Focal. Finalmente, el capítulo seis presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

Capítulo 4: Propuesta

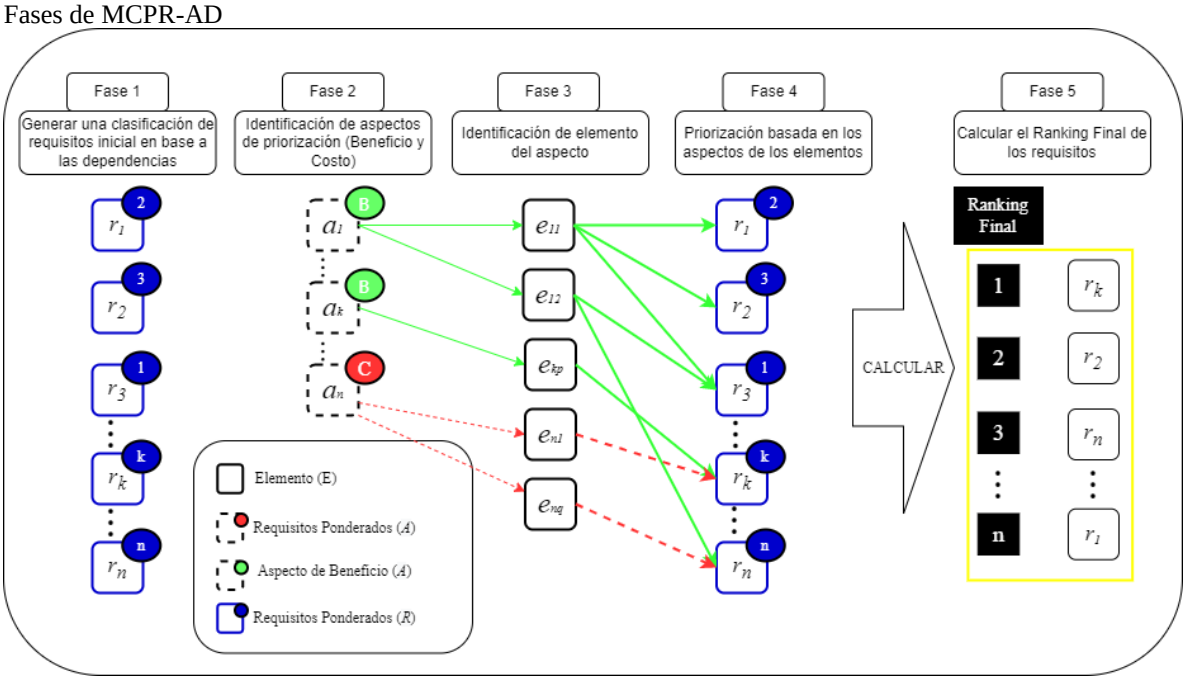
En el presente capitulo se describirá la propuesta del método de priorización de requisitos cualitativo.

4.1 Descripción Formal de la Propuesta

El propósito de abordar las problemáticas descritas en el Capítulo 1(ver sección **1.1**) y las diferencias dentro de los métodos de priorización de requisitos, es que se propone el Método de Priorización de Requisitos Cualitativo basado en Aspectos de Priorización de Beneficio y Costo considerando Dependencias entre Requisitos (MCPR-AD). Este método se basa en la priorización cualitativa a través de aspectos de priorización y las dependencias entre requisitos, siendo fundamentales para el proyecto de desarrollo de software.

Ilustración 3.

Fases de MCPR-AD



Fuente: Elaboración Propia

En la **Ilustración 3** se presentan las cinco fases que dirigen el proceso de priorización de requisitos. Comenzando con una clasificación o priorización de requisitos preliminar, que nace a base del manejo de las dependencias entre requisitos, luego se identifican los aspectos de priorización del proyecto y en la siguiente fase, los aspectos son especificados por el conjunto de elementos. Finalmente, la priorización de requisitos es determinada acorde a los elementos asociados a los requisitos. Para una mejor comprensión de las fases que posee el método es que se describen a continuación.

4.1.1 Fase 1: Priorización inicial en base a las dependencias entre requisitos.

En la primera fase del proceso de priorización de requisitos, es donde se realiza el manejo de las dependencias entre requisitos, con el propósito de obtener una clasificación u orden preliminar de los requisitos del proyecto. Esta fase consta de un paso denominado “Preliminar”, su fin, es comprender los tipos de dependencias y su respectiva aplicación con los requisitos. Por lo que,

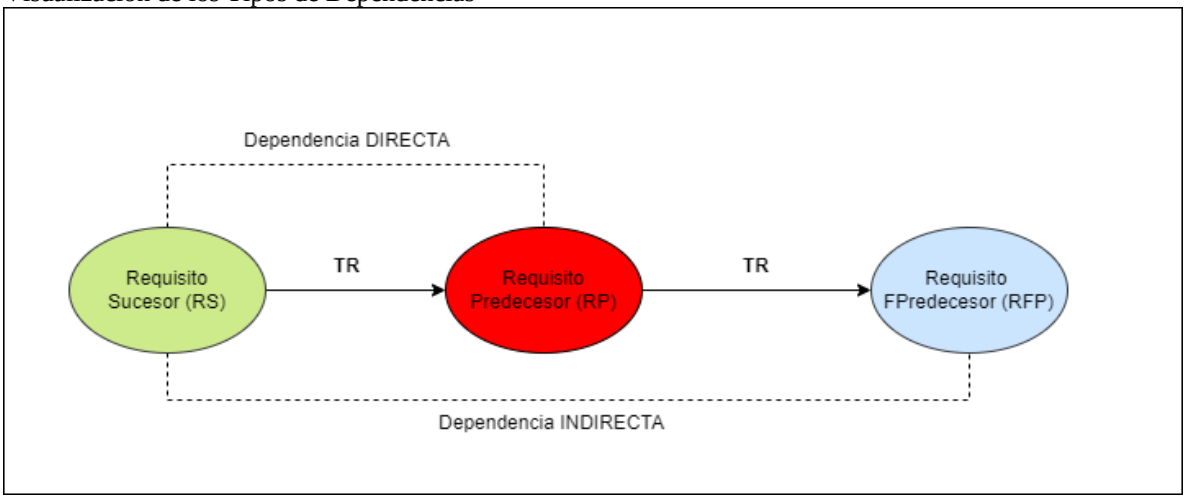
comprendido los conceptos, la Fase 1 consta de cuatro pasos para ser finalizada. A continuación, se presentan los pasos la presente fase.

a- **Paso Preliminar:** Comprender los tipos de dependencias.

Como paso inicial, se debe comprender los tipos de dependencias para el manejo de las dependencias entre los requisitos, que serán utilizados o aplicados en el Paso número 1.

Ilustración 4.

Visualización de los Tipos de Dependencias



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.

Definición de los Tipos de Dependencias

Tipo de dependencia	Tipo de Relación (TR)	Descripción	Nivel de importancia	Condición	Asignación condicional
Directa	FI (Final-Inicio)	RS no puede comenzar hasta que haya concluido el RP.	Alta	RP > RS	RP = RS + 1
	II (Inicio-Inicio)	RS no puede comenzar hasta que haya comenzado el RP.	Media	RP = RS	RP=RS=1
	FF (Final-Final)	RS no puede finalizar hasta que haya concluido un RP.	Baja	RP > RS	RP = 1 y RS= 0
Indirecta	IND	Si un RS depende de un RP, y un RP depende de un RFP, significa que RS depende indirectamente de RFP.	No posee un nivel de importancia	RFP>RP >RS	RFP = 2

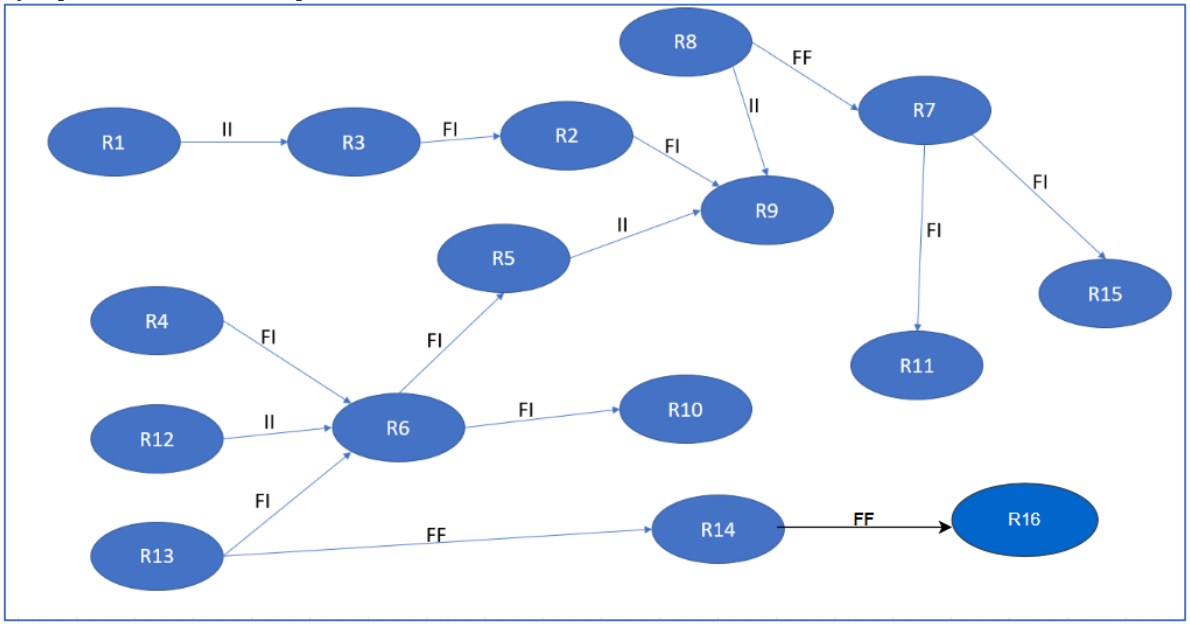
Fuente: Elaboración Propia

En la **Ilustración 4** se visualiza representativamente los tipos de dependencias entre requisitos existentes y, además, se identifica como serán etiquetados los nodos que representarán a los requisitos. Para este método y el manejo de las dependencias se considera que los desarrolladores son los expertos más aptos para lograr identificar las dependencias entre requisitos. En cuanto a la **Tabla 5**, se muestra los dos tipos de dependencias (Directa e Indirecta), además, como se ve en la tabla poseen sus respectivos tipos de relaciones (TR), por ejemplo, cuando una dependencia es de tipo indirecta se puede identificar con la abreviatura "IND" en cambio, si la dependencia es directa pueden existir 3 tipos de relaciones (FI, II, FF), las cuales tienen el propósito de identificar cual requisito es más importante y en qué orden deben ejecutarse, es por esto que para obtener un mejor entendimiento sobre los datos, se aplican las condiciones y la asignación condicional, las cuales lograran comprender de mejor manera la importancia de cada requisito.

b- Paso 1: Identificar y crear un grafo de dependencias.

Dentro del primer paso y con los requisitos ya descritos, se debe desarrollar un grafo dirigido o grafo de dependencias, en el cual, los denominados vértices o nodos, representaran a los requisitos, y las aristas representaran las dependencias entre requisitos. Por lo que mediante la ejemplificación de la **Ilustración 5** y las definiciones de los tipos de dependencias establecidos en la **Tabla 5** se deben identificar los tipos de dependencias entre los requisitos ya descritos, para obtener un grafo de dependencias. A continuación, se presenta el ejemplo de un grafo de dependencias.

Ilustración 5.
Ejemplo de un Grafo de Dependencias



Fuente: Elaboración propia

c- Paso 2: Traspaso de la información

En el paso dos, se deben traspasar los datos obtenidos en el grafo de dependencias anterior en una matriz de requisitos, donde cada vez que exista un tipo de dependencias entre requisitos, se identifique mediante los TR correspondientes. Por ejemplo, el requisito r_1 posee una dependencia directa con r_3 con un tipo de relación de II (Inicio-Inicio) y, además, posee una dependencia indirecta con el requisito r_2, por lo que, esos datos se traspasarían a la matriz de dependencias, quedando de la siguiente manera.

Tabla 6.
Matriz de dependencias, un ejemplo del traspaso de la información

Requisitos	**R_1**	**R_2**	**R_3**	**R_4**	**R_5**	**R_6**	**R_7**	**R_8**	**R_9**	**R_{10}**	**R_{11}**	**R_{12}**	**R_{13}**	**R_{14}**	**R_{15}**	**R_{16}**
R_1		IND	II													
R_2									FI							
R_3		FI							IND							
R_4					IND	FI				IND						
R_5									II							
R_6										FI						
R_7											FI				FI	
R_8							FF		II		IND				IND	
R_9																
R_{10}																
R_{11}																
R_{12}					IND	II				IND						
R_{13}					IND	FI				IND				FF		IND
R_{14}																FF
R_{15}																
R_{16}																

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 6** podemos observar, como quedaría la matriz de dependencias, traspasada la información del grafo de dependencias de la **Ilustración 5**.

d- Paso 3: Cálculo Inicial

El tercer paso, es en aquel se realizan los cálculos iniciales que derivaran a obtener el nivel de importancia o el orden de ejecución de cada requisito, si bien, las asignaciones

condicionales establecidas en la **Tabla 5** permiten representar los cálculos, es necesario definirlas formalmente, a continuación, se presenta de manera formal las fórmulas.

Sea R $= \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ un conjunto de requisitos, donde $r_n \in$ R , y n es el número total de requisitos $\{n \in \mathbb{N} : n \geq 1\}$. La dependencia entre el requisito r_i y r_j $(r_i, r_j \in R)$ se define formalmente en términos de la función $D(r_i, r_j)$, donde $D: RxR \longrightarrow \mathbb{Z}$, con la siguiente interpretación para cada uno de estos valores:

$$D(r_i, r_j) = \begin{cases} r_j = r_i + 1, & \text{si } r_i \textit{ no puede comenzar antes de concluir } r_j; \\ r_j = r_i = 1, & \text{si } r_i \textit{ no puede comenzar antes de iniciar } r_j; \\ r_j = 1;\ r_i = 0, & \text{si } r_i \textit{ no puede finalizar antes de concluir } r_j. \end{cases} \quad \textbf{(1)}$$

Asimismo, si existe alguna de las dependencias indicadas en la función $D(r_i, r_j)$ y r_j a la vez tiene una dependencia con r_h $(r_h \in R)$, se genera un valor de dependencia indirecta entre r_i y r_h. La dependencia indirecta se define formalmente en términos de la función DI$(D(r_i, r_j), r_h)$, donde $DI: DxR \longrightarrow \mathbb{Z}$, tal que:

$$(D(r_i, r_j), r_h) = \begin{cases} r_h = 2, & si\ \exists r_i \neq r_j, r_i \neq r_h, r_i \wedge r_h \in D(r_i, r_j); \\ r_h = 0, & en\ caso\ contrario. \end{cases} \quad \textbf{(2)}$$

e- Paso 4: Cálculo final y Priorización Preliminar

Finalmente, se obtiene una clasificación o priorización inicial de requisitos, en donde se define la ponderación a aplicar en cada uno de los requisitos según su respectiva posición relativa de prioridad R. Donde R $= \{r_1, r_2, \dots, r_m, \dots, r_n\}$ es un conjunto ordenado de requisitos donde $r_m \in$ R , donde *m* representa el orden de importancia dentro del conjunto, y n es el número total de requisitos $\{n \in \mathbb{N} : n \geq 1\}$. Se define el valor ponderado del requisito r_m como:

$$V(r_m) = \frac{100 - \left[(m-1) \times \frac{([\log(n)] \times 10)}{n-1}\right]}{100}, \quad \textbf{(3)}$$

Donde $V(r_l) > V(r_m)$, significa que el requisito $r_l (r_l \in$ R) tiene mayor prioridad que r_m.

4.1.2 Fase 2: Definir los Aspectos de Beneficio y Costo para la priorización.

Esta segunda fase tiene el propósito de identificar los aspectos tanto de beneficio como costo para el proceso de priorización, además, asignarle un orden de prioridad para finalmente definir el valor de prioridad para cada uno de los aspectos definidos. La presente etapa consta de tres pasos:

a- Paso 1: Identificar los Aspectos de Priorización del proyecto.

Los aspectos de priorización son los puntos relevantes que las partes interesadas del proyecto toman en cuenta a la hora de considerar cuales requisitos son más importantes para el proyecto, permitiendo a su vez dar valor a los requisitos. Si bien no existe un enfoque unificado para esta actividad, ni existe un consenso sobre en qué aspectos enfocarse al realizar el proceso de priorización (Lenarduzzi et. Al, 2021), por lo que esto dependerá netamente del análisis de los participantes y/o tomadores de decisiones. Por otra parte, Riegel y Doerr (2015) identificaron mediante una revisión sistemática de la literatura cuáles aspectos de priorización son utilizados a la hora de priorizar los requisitos planteando un modelo que los agrupa. Estos aspectos de priorización pueden ser tanto de beneficio como de costo, es decir, pueden agregar o restar valor a los requisitos, respectivamente. Por otra parte, podemos definir algunos ejemplos de estos tipos de aspectos de priorización, como: Calidad del producto o sistema, Rendimiento, beneficios del cliente o incluso para los interesados. Finalmente, los participantes y las partes interesadas del proyecto deben acordar cuáles serán los aspectos que se utilizarán en la priorización. Este método permite la definición de un conjunto infinito de aspectos de priorización.

b- Paso 2: Definir el orden de prioridad de los aspectos definidos.

En este segundo paso, es aquel donde se debe determinar el orden de prioridad para uno de los aspectos anteriormente definidos en el Paso 1. Este orden de prioridad debe estar definida por los participantes y las partes interesadas del proyecto bajo una toma de decisión en conjunto. Por lo tanto, para un conjunto $A = \{a_1, \ldots, a_k \ldots, a_n\}$ donde *k* representa el orden de importancia asignado, y *n* representa la cantidad de aspectos de priorización definidos, el aspecto con menor importancia se le asigna el valor 1, mientras que el aspecto de priorización más importante se le asigna el valor *n.*

c- Paso 3: Definir el valor de prioridad normalizado del aspecto definido.

Finalmente, se determina el valor de prioridad normalizado del aspecto definido. Este valor normalizado representa la prioridad para el conjunto de aspectos de priorización definidos, permitiendo definir valores de prioridad para aspectos de priorización entre -1 y 1 basado en si el aspecto definido es de beneficio o costo. Por lo tanto, se define el valor de prioridad normalizado como:

$$P(a_k) = \frac{k}{n}, \quad \textbf{(4)}$$

Donde $P(a_l) > P(a_k)$ significa que el aspecto $a_l (a_l \in A)$ tiene mayor prioridad que a_k

En cambio, si $P(a_k)$ representa un aspecto de costo, el valor $P(a_k)$ estará definido por:

$$P(a_k) = \frac{k}{n} \times (-1), \quad \textbf{(5)}$$

4.1.3 Fase 3: Identificar los elementos de cada aspecto de priorización.

En la presente fase, consiste en identificar los elementos relacionados a cada aspecto de priorización descritos en la Fase anterior. Esta Fase consta de dos pasos:

a- Paso 1: Identificar y asignar los elementos a los aspectos de priorización.

Los elementos de los aspectos de priorización son un conjunto que permite describir los aspectos de priorización previamente definidos. Fernández-Sánchez et al. (2017) clasifican los elementos en tres grupos (factores básicos para la toma de decisiones, técnicas de estimación de costos, prácticas y técnicas para la toma de decisiones) y agrupados según el punto de vista de los *stakeholder*s. Los elementos deben ser asignados a solo uno de los aspectos de priorización, en cambio, el aspecto de priorización puede tener asignado ninguno o muchos elementos. Por ejemplo, el aspecto de priorización de Cliente es posible asignarle el elemento de eficiencia al cliente. Este método permite la definición de un conjunto infinito de elementos para cada uno de los aspectos de priorización definidos.

b- Paso 2: Definir la prioridad de los elementos dentro de cada aspecto de priorización.

Para definir u asignar la prioridad a cada elemento, es que se definen tres niveles de importancia: Alto, Medio o Bajo. Esto permitiría comparar cada uno de los elementos dentro de cada aspecto de priorización, independiente de la cantidad de elementos que este posea.

Un conjunto $E = \{e_{s1}, \ldots, e_{sp}, \ldots, e_{t1}, \ldots, e_{tq}, \ldots, e_{u1}, \ldots, e_{ur}\}$ como una colección finita de elementos, donde p, q, r corresponden al total de elementos para cada aspecto a_s, a_t, a_u, respectivamente, $p, q, r \in \mathbb{N}: p, q, r \geq 1\}$. La prioridad del elemento se define formalmente en términos de la función $L(e_{sp})$, donde $L: E \rightarrow \{1,2,3\}$ para lo que cada valor posee la siguiente interpretación:

$$L(e_{sp}) = \begin{cases} 1, si\ el\ elemento\ e_{sp}\ tiene\ una\ prioridad\ baja; \\ 2, si\ el\ elemento\ e_{sp}\ tiene\ una\ prioridad\ media\ ; \\ 3, si\ el\ elemento\ e_{sp}\ tiene\ una\ prioridad\ alta. \end{cases} \quad \textbf{(6)}$$

4.1.4 Fase 4: Priorizar los requisitos basado en los elementos de los aspectos.

En la presente fase, es en donde se priorizan los requisitos, vinculándolos con cada uno de los aspectos de priorización. Esta priorización se establece o genera mediante las relaciones entre aspectos de priorización y requisitos. Esta relación relaciona a los elementos con uno o más requisitos, en cambio los requisitos muchos, uno o ningún elemento. Cada una de estas relaciones deben ser definidas tanto por los interesados como por los participantes del proyecto, bajo un mutuo acuerdo. Posteriormente, se define la relación o el vínculo entre requisitos y elementos de los aspectos de priorización.

Sea $R = \{r_1, \ldots, r_i, \ldots, r_n\}$ es una colección finita de requisitos, donde r_i es un requisito del proyecto y n es el total de requisitos definidos donde $\{n \in \mathbb{N} : n \geq 1\}$. La relación entre el elemento $e_{sp}(e_{sp} \in E)$ y el requisito está definido en términos de la función $F(e_{sp}, r_i)$, donde $F: E \times R \rightarrow \{0, 0.5, 1\}$, para lo que cada valor posee la siguiente interpretación:

$$F(e_{sp}, r_i) \begin{cases} 1, si\ el\ elemento\ e_{sp}\ está\ relacionado\ fuertemente\ con\ el\ requisito\ r_i; \\ 0.5, si\ el\ elemento\ e_{sp}\ está\ relacionado\ medianamente\ con\ el\ requisito\ r_i; \\ 0, en\ caso\ de\ no\ poseer\ ninguan\ relacion\ con\ el\ requisito\ r_i \end{cases} \quad \textbf{(7)}$$

4.1.5 Fase 5: Calcular el Ranking Final de los requisitos.

Finalmente, en la última fase del proceso de priorización consiste en generar la clasificación u orden final de los requisitos basándose en los aspectos de priorización. Esta fase consta de dos pasos:

a- Paso 1: Calcular el nivel de importancia de los requisitos por cada aspecto de priorización.

En el paso número uno, es en donde se debe determinar el nivel de importancia de los requisitos conforme con su relación con cada aspecto de priorización. El nivel de importancia de un requisito por cada aspecto de priorización es expresado por un valor numérico, es decir, la importancia de un requisito para un aspecto de priorización está dada por la suma de las prioridades de los elementos del aspecto asociado, más un denominado Factor de Asociación(G). Este Factor G corresponde a la relación entre el número de requisitos relacionados con un mismo elemento, y el número máximo de requisitos con el que un elemento vinculado a un aspecto de priorización puede estar asociado. Por lo tanto, la totalidad de los requisitos relacionados con el elemento e_{kv} se define como:

$$TF(e_{kv}) = \sum_{i=1}^{n} F(e_{kv}, r_i), \quad \textbf{(8)}$$

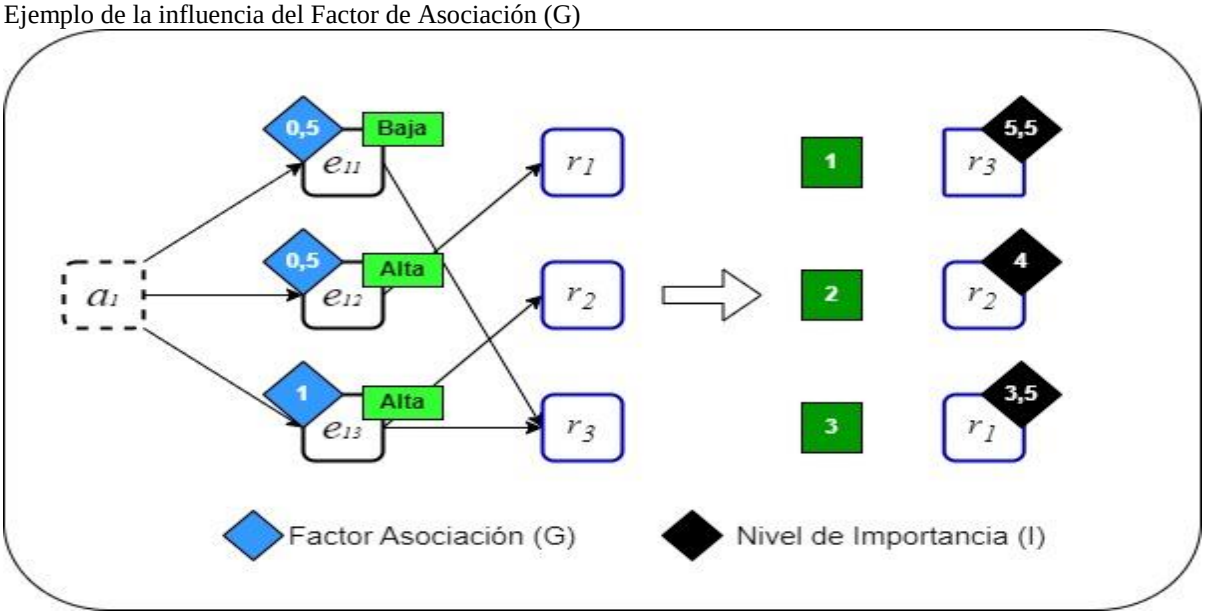
Donde, como se describe en la fase anterior, $F(e_{kv}, r_i)$ describe la relación entre el elemento e_{kv} y el requisito r_i, donde *n* corresponde al total de requisitos. Por lo que, el Factor de Asociación del elemento e_{kv} se define como:

$$G(e_{sp}, e_{sv}) = \frac{TF(e_{sp})}{TF(e_{sv})}, \quad \textbf{(9)}$$

Donde $TF(e_{sv})$ corresponde al número máximo de requisitos que un elemento del aspecto de priorización a_x se le ha asociado, tal que $e_{sv} \in O,\ \forall\, e_{sp} \in O,\ TF(e_{sv}) \geq TF(e_{sp})$.

A continuación, en la **Ilustración 6** se muestra un ejemplo del cómo el Factor de Asociación influye dentro de los niveles de importancia para un cierto elemento e_{1p} dentro de un aspecto a_1 asociado al requisito r_i, para el cálculo de $I(e_{sp}, r_i)$ y posteriormente $M(a_s, r_i)$. En la figura X se observa que el requisito r_1 y r_3 tienen relación con un elemento que posee una prioridad alta, pero r_3 a diferencia de r_1 posee una relación adicional de e_{13} que permite dar mayor valor a r_3 por sobre r_1 diferenciándose gracias al Factor de Asociación(G).

Ilustración 6.
Ejemplo de la influencia del Factor de Asociación (G)



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se detalla el nivel de importancia para un cierto elemento e_{sp} del aspecto a_s, asociado con requisito r_i, considerando el factor de asociación G, definiéndose formalmente en términos de la función $I: E \times R \rightarrow \mathbb{R}$, que es interpretado de la siguiente forma:

$$I(e_{sp}, r_i) = \begin{cases} L(e_{sp}) + G(e_{sp}, e_{sv}) \times F(e_{sp}, r_i), & si\ F(e_{sp}, r_i) = 1\ o\ F(e_{sp}, r_i) = 0{,}5; \\ 0, & en\ caso\ contrario. \end{cases} \quad \textbf{(10)}$$

Donde $L(e_{sp})$, describe la prioridad del elemento con respecto a $e_{sp}(Ecuación\ (\mathbf{6}))$, mientras que $G(e_{sp}, e_{sv})$ describe el factor de asociación para el elemento $e_{sp}(Ecuación\ (\mathbf{9}))$ y $F(e_{sp}, r_i)$ describe y verifica si el elemento e_{sp} esta relacionado con el requisito $r_i(Ecuacion\ (\mathbf{7}))$. De este modo, es posible conseguir el valor total del nivel de importancia ponderado de un requisito r_i con respecto al aspecto a_s, es decir, sea $E_s = e_{s1}, \ldots, e_{sq}$ una colección finita de elementos relacionados con el aspecto $a_s(E_s \subset E)$, donde $|E_s|$ corresponde al numero total de elementos, por ende, el valor total del nivel de importancia de un requisito r_i con respecto al aspecto a_s se define como:

$$M(a_s, r_i) = \sum_{q=1}^{|E_x|} I(e_{sq}, r_i) \times V(r_i), \quad \textbf{(11)}$$

Donde $V(r_i)$ corresponde al valor ponderado del requisito r_i (Ecuación **(3)**), generándose un valor en el proceso del cálculo del ranking final.

b- Paso 2: Calcular el Ranking Final.

El último paso, consiste en generar el *Ranking final de los requisitos (R)*, considerando el nivel de importancia de cada uno de los aspectos de priorización. Dentro de este paso, primero se debe calcular el valor final de cada requisito basándose en la sumatoria de $M(a_s, r_i)$ para cada uno de los aspectos de priorización definidos para el proyecto, para posteriormente ser ponderado por el valor *P* definido en la segunda fase del proceso de priorización, generando el *Ranking final de los requisitos*.

El Ranking final de un requisito r_i considerando cada uno de los aspectos de priorización, formalmente se define como:

$$R(r_i) = \sum_{h=1}^{n} M(a_h, r_i) P(a_h), \quad \textbf{(12)}$$

Donde $P(a_h)$ describe la función de valor de prioridad normalizado para un aspecto de priorización importante y *n* corresponde al total de aspectos de priorización definidos. Finalmente, si $R(r_i) > R(r_j)$ significa que el requisito r_i posee una mayor prioridad que el requisito r_j, sin embargo, si $R(r_i) = R(r_j)$ significa que existe una colisión, es decir, una colisión entre requisitos significa que estos poseen la misma prioridad, para este caso en particular, el ranking verdadero de estos requisitos se puede definir por la priorización preliminar obtenida en la primera fase.

Capítulo 5: Experimentación: Aplicación de la propuesta con usuarios

En el presente capitulo, se realizará la descripción de la aplicación del método de priorización propuesto, el cual se aplicó a personas reales, en su mayoría estudiantes una Universidad.

5.1 Descripción de la experimentación

En el presente apartado se describirá la experimentación realizada con cinco participantes de una universidad.

5.1.1 Objetivos y Preguntas de Investigación

El objetivo de aplicar nuestra propuesta con usuarios fue investigar cuán difícil es para ellos el pensar en términos de las características principales de nuestra propuesta. Específicamente, se investiga si el ranking preliminar obtenido por las dependencias entre requisitos es un mecanismo adecuado para comprender la importancia de los requisitos y si los aspectos cualitativos son una estructura pertinente para impulsar un proceso de priorización de requisitos de software. El escenario de aplicación de MCPR-AD en esta experimentación fue en una Universidad. La metodología utilizada la definieron los participantes. Las preguntas de investigación que impulsan esta experimentación son las siguientes:

Pr1: *¿Es la fase inicial un mecanismo adecuado para identificar dependencias entre requisitos por parte de los expertos en tecnología y apropiado para considerarlo con alguna ponderación en el ranking final?*

Pr2: *¿La estructura de definición de aspectos, considerando beneficios y costos, es pertinente y consistente con las necesidades de una organización dinámica?*

5.1.2 Descripción de los Participantes

Los participantes de la experimentación fueron estudiantes de una universidad. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de todos los participantes. Un total de cinco estudiantes ($E_{media} = 25$ años, $A_{exp} = 1$año, edades de 23 a 29; 100% hombres) participaron en la experimentación. La **Tabla 7** presenta las características de los participantes. Ninguno de los participantes contaba con experiencia en la aplicación de métodos de priorización, solo dos participantes poseían noción sobre los métodos de priorización, pero nunca había trabajado con ellos.

Tabla 7.

Descripción de los Participantes

#	Edad	Antecedentes Profesionales	Ocupación/ Cargo Actual	Experiencia Priorizando requisitos (años)	Métodos de Priorización conocidos	Género
$P1$	29	$Ing. Civil Informática$	Estudiante	0	N/A	M
$P2$	26	$Ing. Civil Informática$	Estudiante Postgrado	0	$MoSCoW, Cinco\ Porqués$	M
$P3$	23	$Ing. Civil Informática$	Estudiante	0	N/A	M
$P4$	25	$Ing. Civil Informática$	Estudiante	1	AHP	M
$P5$	24	$Ing. Civil Informática$	Estudiante	0	N/A	M

Fuente: Elaboración Propia

M= Masculino; F = Femenino

5.1.3 Procedimiento

Los participantes aplicaron el método propuesto a un caso de estudio (sección 5.1.4), el cual es la base para comenzar a aplicar el método MCPR-AD, a continuación, se establecen 4 etapas:

1- En la primera etapa, a los participantes se les entrega un documento con el caso de estudio para aplicar el método de priorización MCPR-AD.
2- En la segunda etapa, los participantes realizan las 5 fases del método MCPR-AD.
3- En la tercera etapa, los participantes se enfrentan a un Focus Group o una entrevista de grupo focal, en la que los participantes reflexionan sobre las actividades realizadas en cada fase del método y su respectiva utilidad.
4- Finalmente, los participantes completan un cuestionario de usabilidad del método propuesto.

5.1.4 Caso de Estudio

El caso de estudio escogido para realizar la experimentación de nuestra propuesta es una aplicación Web para una universidad, que tiene por propósito agilizar los procesos actuales de selección e inscripción de los proyectos de título de final de carrera. Esta aplicación Web debe permitir a los diferentes involucrados (Estudiantes, profesores, administrativos, jefe de carrera y secretario académico) acceder con sus respectivas credenciales institucionales. De esta forma, se requiere un software que tenga los siguientes lineamientos generales:

- Los estudiantes pueden visualizar los proyectos propuestos por los profesores.
- Los estudiantes pueden subir archivos de Microsoft office 365.
- Los estudiantes pueden comunicarse con sus profesores mediante un chat.
- Los profesores pueden crear, subir y editar archivos de Microsoft office 365.
- Los profesores pueden agregar, editar y eliminar pautas de evaluación.
- Los jefes de carrera pueden validar las propuestas de proyectos de título de los profesores correspondientes a su carrera.
- Los secretarios académicos pueden revisar las propuestas de proyectos de título asociadas a su carrera.
- El administrador del sistema puede habilitar o denegar permisos a los usuarios de la aplicación Web.

De acuerdo con los lineamientos generales descritos anteriormente, los requisitos para esta aplicación Web se presentan en la **Tabla 8** como historias de usuario.

Tabla 8.

Requisitos de la Aplicación Web

R	Requisitos del Proyecto
r_1	Como Profesor guía quiero ingresar propuestas de proyectos de título para que los estudiantes postulen.
r_2	Como Profesor guía quiero asignar proyectos de título a cada estudiante para que comiencen a avanzar en su tesis final de carrera.
r_3	Como Profesor guía quiero registrar las calificaciones de mis estudiantes para así evaluar el progreso en los proyectos de título.
r_4	Como Profesor guía quiero ingresar la rúbrica de evaluación de cada estudiante para evaluar el nivel de desempeño en el proyecto de título.
r_5	Como Profesor guía quiero descargar y visualizar los archivos de cada avance en los proyectos de título de los estudiantes para corregir y/o proveer retroalimentación.
r_6	Como Profesor guía quiero recibir notificaciones sobre los cambios en los proyectos de título de mis estudiantes para así mantener un orden sobre mis tareas.
r_7	Como Estudiante quiero postular e inscribir un proyecto de título propuesto por los profesores para desarrollar mi tesis final de carrera.
r_8	Como Estudiante quiero agregar fechas de entregas para mostrar el avance de mi proyecto de título.

r_9	Como Estudiante quiero tener acceso a la retroalimentación y calificaciones de las entregas realizadas en el proyecto de título, para conocer el progreso de tesis final de carrera.
r_{10}	Como Estudiante quiero ingresar mi propuesta de tema de proyectos de título para que sea revisado y validado por el jefe de carrera.
r_{11}	Como Estudiante quiero comunicarme con mi profesor mediante un chat para interactuar de manera rápida y eficaz.
r_{12}	Como Jefe de Carrera quiero acceso al avance de cada estudiante perteneciente a mi carrera para gestionar su avance y desempeño.
r_{13}	Como Jefe de carrera quiero acceso a propuestas de proyectos de títulos correspondientes a mi carrera para leerlas y validarlas si corresponde al perfil profesional requerido.
r_{14}	Como secretario académico quiero acceso al avance de cada estudiante perteneciente a mi carrera para gestionar su avance y desempeño.
r_{15}	Como Administrador quiero gestionar los usuarios y los accesos a la aplicación Web para habilitar o denegar permisos.
r_{16}	Como administrador quiero agregar usuarios a la aplicación Web de manera masiva para hacer más eficiente la carga de usuarios.

Fuente: Basado en Proyecto de la Universidad Andrés Bello

Los lineamientos generales, requisitos y los criterios de priorización propuestos por Riegel y Doerr (2015), fueron los insumos para que los participantes trabajasen colectivamente en la priorización de requisitos; llevar a cabo las diferentes fases del método presentado en la sección de resultados. Específicamente, las tareas estaban directamente relacionadas con las cinco fases del método propuesto. (ver **Tabla 9**).

Tabla 9.

Descripción de tareas que deben realizar en cada fase los participantes

# Tarea	Descripción de la tarea	Fase del método propuesto
1	Identificar dependencias entre requisitos.	1
2	Identificar aspectos de priorización.	2
3	Identificar elementos dentro de cada uno de los aspectos de priorización.	3
4	Priorizar los requisitos vinculando elementos de aspecto a cada uno de los requisitos.	4
5	Calcular el Ranking Final.	5

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Resultados de la Experimentación

En el presente apartado, se describe y presentan los resultados obtenidos de la experimentación por cada fase, además, se indicarán los resultados de usabilidad del método propuesto. Finalmente es necesario generar conclusiones a través de una entrevista de grupo focal, presentando la transcripción y los resultados obtenidos.

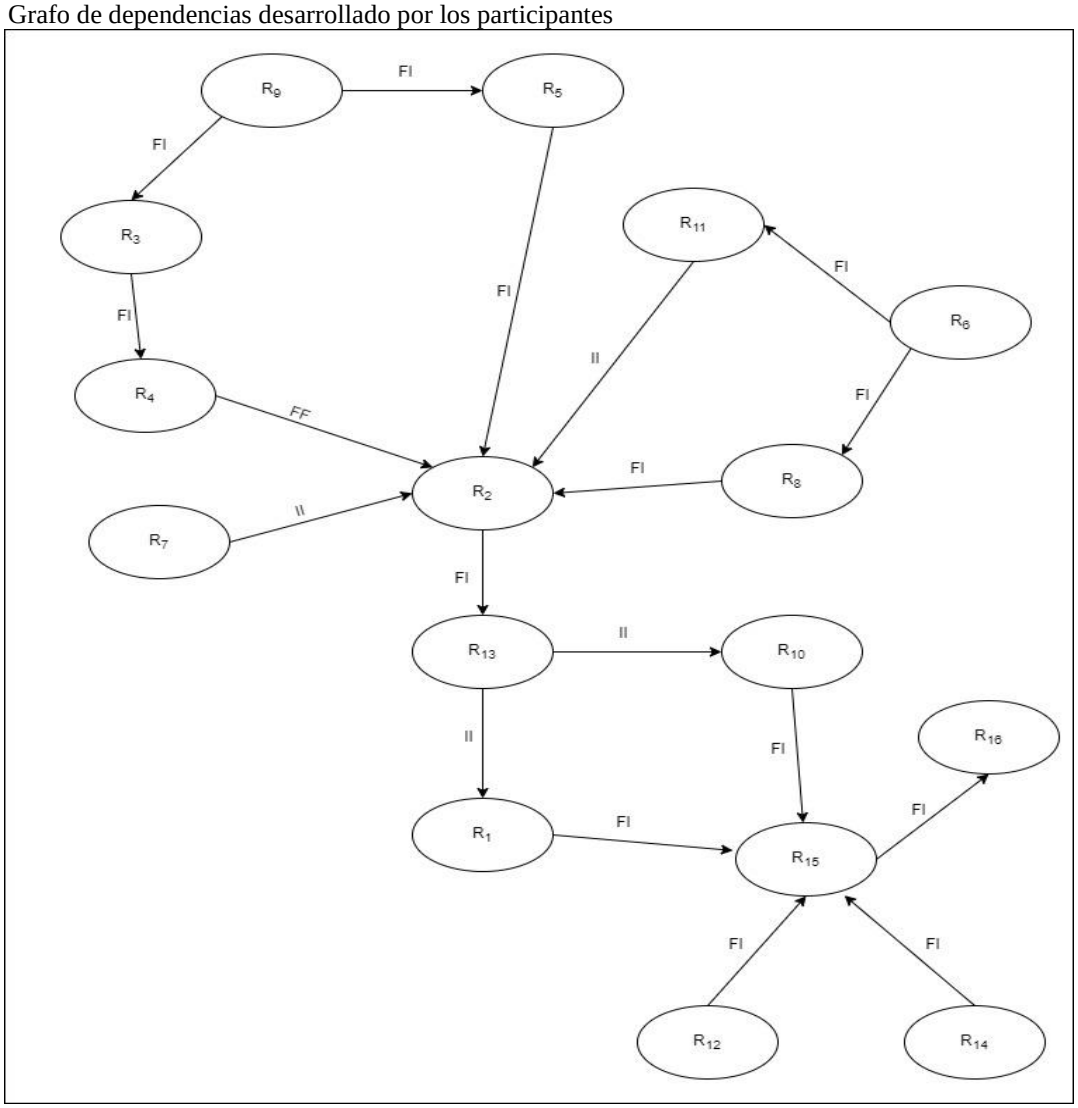
5.2.1 Resultados por cada Fase

El método propuesto consta de cinco fases, en las cuales los participantes realizaron diversas tareas en cada fase, como se puede apreciar en la **Tabla 9**, a continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada fase por los participantes.

a- Fase 1: Identificar dependencias entre Requisitos

A cada participante se les proporciona un documento con el caso de estudio, con el que identificaron los tipos de dependencias entre requisitos y los tipos de relaciones de las dependencias, obteniendo el siguiente grafo de dependencias (**Ilustración 7**):

Ilustración 7.
Grafo de dependencias desarrollado por los participantes



Fuente: Elaboración Propia

Luego, la información de las dependencias entre requisitos identificadas se traspasa en una planilla Excel, quedando una matriz de requisitos con la información. Para luego realizarse los cálculos de la **sección 4.1.1(**(d) formulas 1 y 2), esto con el propósito de generar el ranking preliminar. A continuación, se presenta la Matriz de Dependencias.

Tabla 10.
Matriz de Dependencias con la información del Grafo de Dependencias

Requisitos	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{15}	R_{16}
R_1															FI	IND
R_2	IND									IND			FI			
R_3		IND		FI												
R_4		FF											IND			
R_5		FI											IND			
R_6		IND						FI			FI					
R_7		II											IND			
R_8		FI											IND			
R_9		IND	FI	IND	FI											
R_{10}															FI	IND
R_{11}		II											IND			
R_{12}															FI	IND
R_{13}	II									II					IND	
R_{14}															FI	IND
R_{15}																FI
R_{16}																

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 10**, se puede apreciar las dependencias entre requisitos representadas en una Matriz de Dependencias. Dentro de esta matriz se aplican los respectivos cálculos para dar valor numérico a los requisitos, dando como resultado el puntaje de cada requisito, que podrá determinar el Ranking Preliminar. A continuación, en la **Tabla 11** se lista el resultado del Ranking Preliminar.

Tabla 11.
Ranking Preliminar y Puntajes Obtenidos

R	Puntaje Obtenido	#Ranking Preliminar	Valor Ponderado $V(r_m)$
r_{13}	25	1	1
r_{16}	21	2	0,9919
r_2	13	3	0,9839
r_{15}	12	4	0,9759
r_4	4	5	0,9678
r_1	3	6	0,9598
r_{10}	3	6	0,9598
r_{11}	2	8	0,9438
r_3	1	9	0,9357
r_5	1	9	0,9357
r_7	1	9	0,9357
r_8	1	9	0,9357
r_6	0	13	0,9036
r_9	0	13	0,9036
r_{12}	0	13	0,9036
r_{14}	0	13	0,9036

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la **Tabla 11**, el requisito r_{13} es considerado uno de los más importantes dentro del proyecto, ya que de este requisito dependen muchos otros, por otra parte, los requisitos r_6, r_9, r_{12} y r_{14} son los requisitos menos importantes dentro del proyecto. Obtenido el Ranking Preliminar, se da por finalizada la primera fase.

b- Fase 2: Identificar Aspectos de Priorización.

En esta fase los participantes debieron identificar los aspectos relevantes del proyecto que lideran la evaluación en el proceso de priorización de requisitos, es decir, una vez identificados los aspectos, los participantes deberán clasificarlos por relevancia o importancia (ver sección **4.1.2**). Esta tarea se negocia colectivamente entre todos los participantes de acuerdo con los principales lineamientos del proyecto y requisitos. A continuación, se presentan los aspectos identificados y la importancia definida por los participantes.

Tabla 12.
Aspectos y Prioridad identificados por los participantes

Aspectos (*A*)	Beneficio/ Costo	#Orden de prioridad
Calidad del Producto o Sistema	$Beneficio$	1
Beneficios para los Interesados	$Beneficio$	2
Beneficios del Cliente	$Beneficio$	3
Dependencias de los requisitos	$Beneficio$	4
Disponibilidad de Recursos	$Beneficio$	5
Costos en Tiempos de Desarrollo	$Costo$	6
Costos Genéricos	$Costo$	7
Costos Posteriores al Desarrollo	$Costo$	8

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la **Tabla 12** los participantes identificaron ocho aspectos, tanto de beneficio como de costo, estos aspectos se han definido para considerar formalmente las prioridades relacionadas con los usuarios finales, la calidad del sistema, los recursos disponibles y los costos asociados al proyecto, durante el proceso de priorización. Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, Riegel y Doerr (2015) aportan un conjunto de aspectos que pueden ser considerados para apoyar esta tarea. Por otro lado, los aspectos poseen un orden de prioridad definido en la sección **4.1.2**(b). Estos valores dentro del proceso de priorización son normalizados **4.1.2**(c). Así el proceso de priorización de requisitos seria impulsado por las preferencias relacionadas con los usuarios finales del proyecto. De esta forma, el resultado de esta tarea es el conjunto priorizado de aspectos relevantes de la aplicación Web, como se especifica en la **Tabla 12.**

c- Fase 3: Identificar Elementos dentro de cada uno de los Aspectos de Priorización.

En la siguiente fase, los participantes deben identificar los elementos de los aspectos relevantes del proyecto. Esta tarea consiste en identificar y priorizar los elementos relacionados con los aspectos planteados en la **Tabla 12**. Esta tarea también es negociada colectivamente entre los participantes de acuerdo con los principales lineamientos, requisitos y aspectos relevantes del proyecto proporcionados anteriormente. La **Tabla 13** muestra los elementos resultantes identificados para cada aspecto relevante del proyecto.

Tabla 13.
Elementos de los aspectos identificados por los participantes

Aspectos(*A*)	Elementos (*E*)	Prioridad	Prioridad ($L(e_{sp})$)
Calidad del Producto o Sistema	Integridad	Alta	3
	Disponibilidad	Media	2
	Seguridad	Alta	3
Beneficios para los interesados	Satisfaccion al usuario final	Media	2
	Importancia de las metas de los interesados	Alta	3
Beneficios del Cliente	Satisfacion del cliente	Media	2
	Eficiencia para el cliente	Alta	3
Dependencias de los requisitos	Dependencias técnicas y funcionales	Media	2
	Dependencias entre historias de usuario	Alta	3
Disponibilidad de los Recursos	Implementación/Desarrollo	Alta	3
	Iterfaz de usuario	Media	2
Costos en Tiempos de Desarrollo	Costos de Implementación	Alta	3
	Costos de Integración	Alta	3
	Costos de Pruebas de Usuario	Media	2
Costos Genéricos	Tiempo	Alta	3
Costos Posteriores al Tiempo de Desarrollo	Costos de mantención	Media	2

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la **Tabla 13**, los aspectos poseen elementos a los cuales se les asigna una prioridad, utilizando las opciones Alta, Media y Baja, calculada con la formula **(*6*)**, por ejemplo, el aspecto de *Beneficios para los Interesados* posee 2 elementos, *Satisfacción al usuario final* e *Importancia de las metas de los interesados*, donde los participantes concluyeron que el primer elemento posee una prioridad media, en cambio, el segundo posee una prioridad alta, respectivamente. De esta manera, la salida de esta tarea es el conjunto de elementos según los aspectos relevantes de la aplicación Web propuesta en la **Tabla 12**.

d- Fase 4: Priorizar los requisitos vinculando los Elementos de Aspecto a cada uno de los Requisitos

Los participantes en conjunto deben priorizar los requisitos basados en elementos de los aspectos relevantes del proyecto. Una vez identificados los aspectos y los elementos relevantes de la aplicación Web, la siguiente tarea corresponde a la priorización de requisitos. Esta tarea implica identificar la relación entre los elementos de los aspectos relevantes (**Tabla 13**) y los requisitos de la aplicación Web (**Tabla 8**). Estas relaciones se identifican colectivamente entre los participantes de acuerdo con los principales lineamientos, requisitos y elementos de los aspectos relevantes. El resultado de esta tarea se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 14.

Relación entre elementos y requisitos realizada por los participantes

Aspectos (*A*)	Elementos (*E*)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
Calidad del Producto o Sistema	Integridad	0.5	1	1	0.5	1	0	1	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0.5	1	1
	Disponibilidad	1	0	1	0	1	0	1	0.5	1	1	0.5	1	1	1	1	1
	Seguridad	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	1	1
Beneficios para los interesados	Satisfaccion al usuario final	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5
	Importancia de las metas de los interesados	1	1	1	1	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	1	1	1	1	1
Beneficios del Cliente	Satisfacion del cliente	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
	Eficiencia para el cliente	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Dependencias de los requisitos	Dependencias técnicas y funcionales	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
	Dependencias entre historias de usuario	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	1	1	1	1	0
Disponibilidad de los Recursos	Implementación/Desarrollo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	1	1
	Iterfaz de usuario	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Costos en Tiempos de Desarrollo	Costos de Implementación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Costos de Integración	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
	Costos de Pruebas de Usuario	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Costos Genéricos	Tiempo	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0.5	1	1	1	1	1
Costos Posteriores al Tiempo de Desarrollo	Costos de mantención	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la **Tabla 14**, mientras que la primera y la segunda columna representan los aspectos y elementos, respectivamente, las siguientes columnas representan los requisitos del proyecto. De esta forma es posible identificar las relaciones que poseen los elementos de los aspectos relevantes, con los requisitos, relacionándolos con valores 0, 0.5 y 1, tal como se define en la formula **(7).**

e- Fase 5: Calcular el Ranking Final

Una vez generada la vinculación con los requisitos, la última tarea consiste en generar el Ranking Final de requisitos. Esta tarea implica calcular automáticamente el Ranking final en dos pasos, de acuerdo con las relaciones previamente establecidas en la **Tabla 14** y las fórmulas definidas en la sección **4.1.5**. **(*8*), (*9*), (*10*),(*11*)** y **(*12*)**. El primer paso consiste en identificar el nivel de

relevancia de los requisitos de acuerdo con los aspectos del proyecto. De esta manera, el número total de requisitos relacionados con cada elemento se calcula con la formula **(*8*)**. Por ejemplo, el elemento "Disponibilidad" del aspecto Calidad del Producto o Sistema incluye 14 requisitos relacionados. Este elemento tiene el número máximo de requisitos a los que se ha asociado un elemento del aspecto Calidad del Producto o Sistema. Por lo tanto, su Factor de Asociación (G) es 1 según la formula **(9)**. Por ejemplo, la prioridad del elemento anterior, asociado al requisito r4, es 3.5 teniendo en cuenta su G. Sin embargo, una comprensión completa del nivel de relevancia de los requisitos también implica considerar todos los elementos asociados a cada aspecto, y comparar los resultados con todos los requisitos. Lo anterior se obtiene computando las fórmulas **(*10*)** y **(*11*).** De esta forma, los resultados para los requisitos r_1(6,18) y r_2 (7,39) indican que r_2 tiene una mayor prioridad que r_1 para el aspecto de Calidad del Producto o Sistema.

El segundo paso es generar el ranking de relevancia de requisitos por aspecto, donde se utiliza el resultado de la formula **(*11*)** y el orden de prioridad normalizado definido para cada aspecto en la formula **(4)** y **(5)**. De esta manera, computando los datos anteriores se genera un resultado final que permitiría generar el ranking final, por ejemplo, r_1 y r_2, obtuvieron valores 2,7 y 2,6 respectivamente, lo que indica que $r_1$tiene mayor prioridad que r_2, en el Ranking Final. A continuación, se presenta el Ranking Final obtenido.

Tabla 15.
Ranking Final obtenido

R	Requisito	Ranking Final
r_8	Como Estudiante quiero agregar fechas de entregas para mostrar el avance de mi proyecto de título.	5,1204
r_{13}	Como Jefe de carrera quiero acceso a propuestas de proyectos de títulos correspondientes a mi carrera para leerlas y validarlas si corresponde al perfil profesional requerido.	3,2889
r_{10}	Como Estudiante quiero ingresar mi propuesta de tema de proyectos de título para que sea revisado y validado por el jefe de carrera.	3,0042
r_{12}	Como Jefe de Carrera quiero acceso al avance de cada estudiante perteneciente a mi carrera para gestionar su avance y desempeño.	3,0009
r_{14}	Como secretario académico quiero acceso al avance de cada estudiante perteneciente a mi carrera para gestionar su avance y desempeño.	2,9720
r_9	Como Estudiante quiero tener acceso a la retroalimentación y calificaciones de las entregas realizadas en el proyecto de título, para conocer el progreso de tesis final de carrera.	2,8837
r_5	Como Profesor guía quiero descargar y visualizar los archivos de cada avance en los proyectos de título de los estudiantes para corregir y/o proveer retroalimentación.	2,7990
r_3	Como Profesor guía quiero registrar las calificaciones de mis estudiantes para así evaluar el progreso en los proyectos de título.	2,7990

r_1	Como Profesor guía quiero ingresar propuestas de proyectos de título para que los estudiantes postulen.	2,7021
r_2	Como Profesor guía quiero asignar proyectos de título a cada estudiante para que comiencen a avanzar en su tesis final de carrera.	2,6794
r_7	Como Estudiante quiero postular e inscribir un proyecto de título propuesto por los profesores para desarrollar mi tesis final de carrera.	2,6755
r_4	Como Profesor guía quiero ingresar la rúbrica de evaluación de cada estudiante para evaluar el nivel de desempeño en el proyecto de título.	2,5621
r_6	Como Profesor guía quiero recibir notificaciones sobre los cambios en los proyectos de título de mis estudiantes para así mantener un orden sobre mis tareas.	1,3946
r_{11}	Como Estudiante quiero comunicarme con mi profesor mediante un chat para interactuar de manera rápida y eficaz.	$-0{,}8557$
r_{15}	Como Administrador quiero gestionar los usuarios y los accesos a la aplicación Web para habilitar o denegar permisos.	$-0{,}8568$
r_{16}	Como administrador quiero agregar usuarios a la aplicación Web de manera masiva para hacer más eficiente la carga de usuarios.	$-2{,}3423$

Fuente: Elaboración Propia

La **Tabla 15** presenta el Ranking Final para los requisitos de la aplicación Web. Como se puede observar, los requisitos se ordenan de acuerdo con los resultados obtenidos mediante la formula **(*12*)** De esta forma r_8 y r_{16} , son los requisitos con mayor y menor prioridad, respectivamente. Estos requisitos obtienen una calificación final de 5,1204 y -2,3423, respectivamente. Como se ha mencionado anteriormente, a un elemento con mayor número de requisitos asociados le corresponde una mayor G y, en consecuencia, su prioridad es mayor. Esto permite reducir las colisiones entre requisitos asociados a elementos con la misma prioridad, generando resultados precisos en la clasificación final de requisitos.

Cabe destacar que la fase 1 requirió un esfuerzo más alto, debido al trabajo manual realizado por los participantes, ya que tuvieron que identificar las dependencias entre requisitos de manera colaborativa, habiendo en ciertos momentos desacuerdos por parte de los participantes. Por otra parte, la fase 2 y 3 requirió un esfuerzo manual mucho menor para los participantes, debido al trabajo colaborativo para concretar aspectos y elementos, y debido a la naturaleza dinámica del proceso de priorización. También no menor, la fase 4, requirió un gran esfuerzo para los participantes, debido al análisis de los elementos por cada requisito, esto proporciono una mayor tasa de tiempo para finalizar la tarea requerida. Para aportar a la experimentación, a continuación, se presentarán los resultados de usabilidad, indicando los tiempos empleados por los participantes en cada fase, así como también los resultados de la facilidad de uso, facilidad de aprendizaje, utilidad y satisfacción del método propuesto.

5.2.2 Resultados de Usabilidad

En el presente apartado, se describirán los resultados de usabilidad del método propuesto, esto con el propósito de captar información relevante del proceso de priorización con nuestro método.

5.2.2.1 Tiempos Empleados en cada Fase

En el presente apartado, se identificarán los tiempos empleados por los participantes para completar cada fase, tarea o subtarea, en **Tabla 16** se presentan las subtareas realizadas y los tiempos empleados por los participantes para finalizar cada fase.

Tabla 16.

Tiempos empleados por los participantes en cada fase

Fase del método propuesto	Tareas	Subtareas	Tiempo (min)	Tiempo Total (hrs)
1	Identificar dependencias entre requisitos.	• Lectura y comprensión del caso de estudio • Identificar tipo de dependencia • Identificar tipos de relaciones • Traspaso de información y obtención del Ranking Preliminar	6,02 57,24 13,10 10,30	01:27:01
2	Identificar aspectos de priorización.	• Explicación y entrega del documento con aspectos • Identificación de aspectos • Identificar orden de importancia de los aspectos	1,07 8,20 2,07	00:11:34
3	Identificar elementos dentro de cada uno de los aspectos de priorización.	• Identificar elementos y su respectiva importancia	14,08	00:14:08
4	Priorizar los requisitos vinculando elementos de aspecto a cada uno de los requisitos.	• Relacionar los elementos de los aspectos con los requisitos	59,56	00:59:56
5	Calcular el Ranking Final.	• Computar y obtener el Ranking Final	0,55	00:00:55

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la **Tabla 16**, las tareas realizadas por los participantes incluyeron subtareas que en conjunto realizaron para completar la tarea principal y así finalizar cada fase. A continuación, se describe las subtareas empleadas en cada fase:

a- Fase 1: Identificar dependencias entre requisitos.

La principal tarea que deben realizar los participantes en conjunto es identificar las dependencias entre requisitos, por ende, idearon 4 subtareas para completar la fase. Esta fase tuvo una duración total de 1 hora y 27 minutos para ser finalizada.

1- **Lectura y comprensión del caso de estudio**: Para la primera subtarea, los participantes analizaron el documento de caso de estudio (ver sección **5.1.4**), dentro de esta subtarea surgieron dudas generales en base al entendimiento de algunos requisitos, por ejemplo, a que tipo de notificaciones se refiere el requisito r_6, concluyendo que se refiere a las notificaciones con respecto a cambios dentro del proyecto. Esta subtarea tuvo una duración de 6,02 minutos.

2- **Identificar tipo de dependencia**: Para la segunda subtarea, los participantes decidieron identificar las dependencias directas entre los requisitos, analizando requisito por requisito, logrando crear un grafo de dependencias directas. Cabe mencionar que aún no identificaron los TR existentes para la dependencia directa (ver sección **4.1.1**). Esta subtarea tuvo una duración de 57,04 minutos.
3- **Identificar tipos de relaciones (TR):** Para la tercera subtarea, se utilizó el grafo de dependencias, esto con el propósito de identificar los tipos de relaciones (FI, II, FF), logrando obtener como resultado la **Ilustración 7**. Esta subtarea tuvo una duración de 13,10 minutos.
4- **Traspaso de información y obtención del Ranking Preliminar:** Para la cuarta y última subtarea, es que se traspasa la información del grafo de dependencias a la planilla Excel, la cual realiza el cálculo correspondiente (ver sección **4.1.1(d),** formulas 1 y 2) para obtener el Ranking Preliminar (**Tabla 11**). Esta subtarea tuvo una duración de 10,30 minutos.

b- Fase 2: Identificar aspectos de priorización.

En la siguiente fase, los participantes deberán identificar los aspectos de priorización que más se adecuen al proyecto, por ende, idearon 3 subtareas para completar la fase. Esta fase tuvo una duración total de 11, 34 minutos para ser finalizada.

1- **Explicación y entrega del documento con Aspectos:** Para la primera subtarea de la fase número dos, los participantes reciben un documento con los aspectos de priorización y se les da una breve explicación a que se refieren los aspectos. Esta subtarea tuvo una duración de 1,07 minutos.
2- **Identificación de Aspectos:** Para la segunda subtarea, los participantes en base al documento entregado anteriormente deben seleccionar que aspectos de priorización se adecuan al proyecto, obteniendo como resultado lo visto en la **Tabla 12**. Esta subtarea tuvo una duración de 8,20 minutos.
3- **Identificar Orden de importancia de los Aspectos:** Para la tercera y última subtarea, una vez identificados los aspectos de priorización, los participantes nuevamente en conjunto deben decidir el orden de importancia de cada uno de ellos, como se puede apreciar nuevamente en la **Tabla 12**. Esta subtarea tuvo una duración de 2,07 minutos.

c- Fase 3: Identificar elementos dentro de cada uno de los aspectos de priorización.

En la siguiente fase, los participantes deben identificar los elementos de los aspectos de priorización seleccionados con anterioridad, atribuyéndoles a cada elemento un valor de importancia. Esta fase tuvo una duración total de 14,03 minutos y solo considero una subtarea.

1- **Identificar elementos y su respectiva importancia:** En esta ocasión, los participantes nuevamente trabajaron de manera conjunta, por lo que identificaron los elementos, a los cuales les asignaron su respectiva prioridad cada vez que considerasen alguno necesario para el proyecto y los requisitos. Este resultado se puede apreciar en la **Tabla 13.**

d- Fase 4: Priorizar los requisitos vinculando elementos de aspecto a cada uno de los requisitos.

En la siguiente fase, los participantes deben relacionar los elementos de los aspectos de priorización con cada uno de los requisitos. Esta tarea tuvo una duración total de 59,56 minutos y considera solo una subtarea.

1- **Relacionar los elementos de los aspectos con los requisitos:** En esta ocasión los participantes mediante los elementos de los aspectos definidos en la **Tabla 13,** relacionan cada elemento con cada uno de los requisitos, guiándose o atribuyendo numéricamente la relación gracias a la formula **(7)**, obteniendo como resultado la **Tabla 14.**

e- Fase 5: Calcular el Ranking Final.

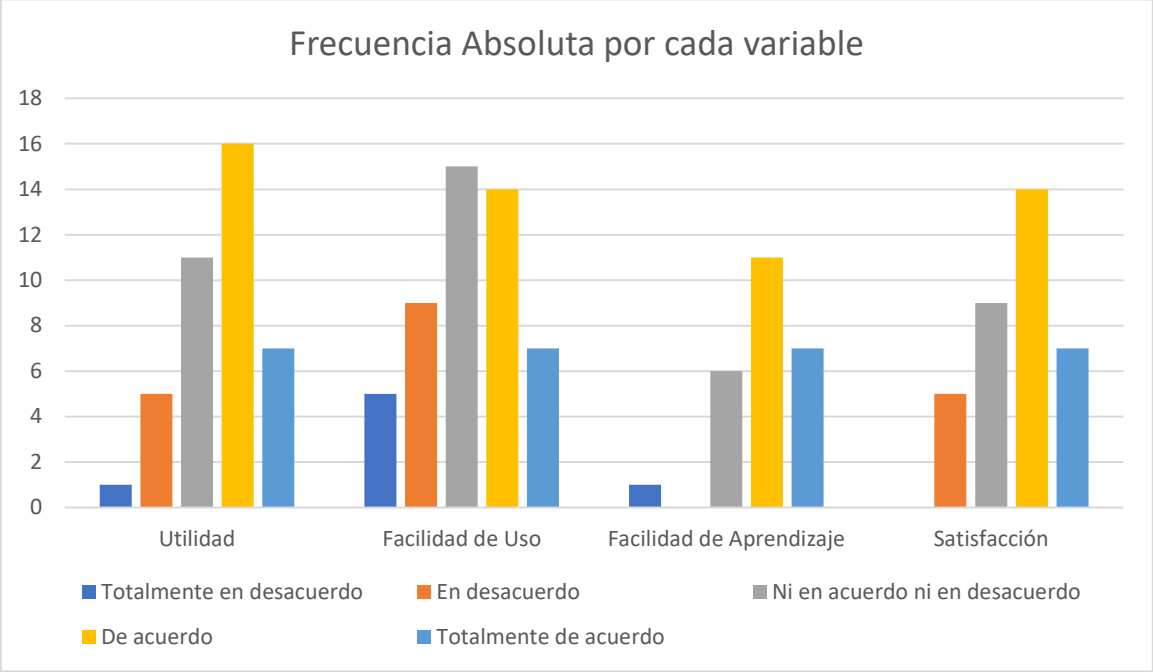
En la siguiente fase, mediante los resultados obtenidos anteriormente, se aplican las fórmulas de la sección **4.1.5**. Esta tarea tuvo una duración total de 55 segundos y solo considero una subtarea.

1- **Computar y obtener el Ranking Final:** Debido a la automatización del proceso de cálculos, es que el tiempo para obtener el Ranking Final fue mínimo.

5.2.2.2 Resultados del cuestionario de usabilidad

Una vez finalizada la sesión experimental, se les solicitó a los participantes que completaran un cuestionario para medir la usabilidad del método MCPR-AD. Este cuestionario se diseñó con 30 preguntas para medir las variables de *Utilidad, Facilidad de Uso, Facilidad de Aprendizaje* y *Satisfacción.* Además, se incluyeron cuatro preguntas abiertas, con el objetivo de obtener información al perfil de los usuarios, así como los aspectos positivos y negativos del método MCPR-AD.

Ilustración 8.
Gráfico representativo del cuestionario de Usabilidad



Fuente: Elaboración Propia

En la **Ilustración 8**, se puede apreciar los resultados del cuestionario de usabilidad, en donde cada variable dispone de diferentes preguntas, las cuales tienen el propósito de medir la Usabilidad percibida por los participantes del método MCPR-AD. El cuestionario abarca un total de 30 preguntas, repartidas en cuatro diferentes variables (Utilidad, Facilidad de Uso, Facilidad de Aprendizaje y Satisfacción), estas poseen 8, 10, 5, 7 preguntas, respectivamente (en el **anexo 1** se presentan las preguntas del cuestionario). Los participantes en cada pregunta disponen de una escala con 5 respuestas (*Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni en acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo y Totalmente de acuerdo*), más conocida como escala de Likert, el propósito de esta escala es medir el nivel de acuerdo y desacuerdo de los participantes sobre MCPR-AD.

El grafico de la **Ilustración 8** se realizó en base a la frecuencia absoluta de las respuestas, es decir, de los 5 participantes que respondieron el cuestionario, se midió la frecuencia de la respuesta que más se repetía dentro de cada una de las variables definidas anteriormente. Por ejemplo, la variable *Utilidad*, contiene 8 preguntas que evalúan la percepción del usuario sobre la utilidad del método. Debido al ser 5 participantes, se obtiene un total de 40 respuestas. Por lo tanto, el grafico representa que la respuesta "Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni en acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo y Totalmente de acuerdo" obtuvieron una frecuencia de 1, 5, 11, 16 y 7 veces, respectivamente. Indicando que dentro de la variable *Utilidad*, predomina o se repite más veces la respuesta "De acuerdo", es decir, podemos inferir que los participantes están de acuerdo con que el método MCPR-AD fue de utilidad. Por otra parte, podemos observar que dentro de la variable "Facilidad de Uso" predomina o se repite más veces la respuesta "Ni en acuerdo ni en desacuerdo (15 veces)", es decir, los participantes consideran que en cuanto a la facilidad de uso del método MCPR-AD se encuentran en un nivel neutro de decisión o simplemente no están seguros si es fácil de utilizar o no. Finalmente, dentro de las variables de "Facilidad de Aprendizaje" y "Satisfacción" se repite

más veces la respuesta "De Acuerdo", 11 y 14, respectivamente, es decir, los participantes consideran estar de acuerdo con que el método propuesto es fácil de recordar y satisface sus necesidades.

5.2.3 Resultados del Focus Group

En el presente apartado, se describirán los resultados obtenidos en la entrevista de grupo focal, obteniendo información relevante del punto de vista de los participantes sobre el método propuesto y el trabajo realizado en cada fase.

a- **Transcripción del Focus Group:** Para la transcripción del Focus Group se utilizará el método descrito por Jefferson (2004), el cual para representar características específicas de conversaciones grabadas, o incluso para transcripciones condensadas u otras transcripciones esenciales, le permite al investigador elegir qué características omitir de la transcripción, esto se le conoce como transcripción natural en una entrevista, es decir, que los errores como palabras repetidas, palabras mal pronunciadas o incluso tartamudeos se eliminan para que el texto quede limpio y sea facial de leer.

   En el **anexo 2**, se desarrolla la transcripción de la entrevista que tuvo una duración de aproximadamente 55 minutos.

b- **Cuestionario utilizado para el Focus Group:** Para la entrevista de grupo focal, se utilizó un cuestionario de preguntas, el cual tiene el propósito de captar la información u la opinión de cada participante con respecto al método utilizado. Permitiendo identificar beneficios, inconvenientes, comentarios y/o recomendaciones futuras para el mejoramiento del método propuesto. A continuación, se enlistan las preguntas utilizadas en el Focus Group en la **Tabla 17**.

Tabla 17.

Preguntas realizadas durante el Focus Group

#Pregunta	Pregunta
1	¿Qué utilidad percibieron en la primera tarea de identificar las dependencias entre los requisitos?, independiente de las actividades que fueron a hacer después, si eso les sirvió, ¿en qué les sirvió?
2	¿Qué inconvenientes o dificultades tuvieron al realizar esta primera de identificar las dependencias entre los requisitos?
3	¿Qué utilidad percibieron sobre los tipos de relaciones de la dependencia directa?
4	¿Qué sugieren para mejorar la tarea de identificar las dependencias entre los requisitos?
5	¿Qué beneficio observaron a la tarea de definir los aspectos y los elementos y priorizarlos?
6	¿Qué inconvenientes tuvieron al realizar la tarea de definir los aspectos y los elementos y priorizarlos?

7	La priorización se llevaba a cabo a través de la relación entre los elementos de los aspectos y los requisitos ¿Qué utilidad creen que genera el priorizar mediante la identificación de estas relaciones?
8	¿Qué desventajas creen que genera el priorizar mediante la identificación de la relación entre los elementos de los aspectos y los requisitos?
9	En cuanto al ranking final de los requisitos ¿Están de acuerdo con el ranking final generado?
10	El ranking final considera, además de las relaciones entre requisitos y elementos, las dependencias entre los requisitos ¿Qué beneficios observaron en el ranking final generado de acuerdo con las dependencias y relaciones identificadas?
11	¿Qué inconvenientes observaron en el ranking final?
12	¿En qué sugieren centrarse en el futuro?
13	Para cerrar esta discusión, ¿Tienen algún otro comentario o sugerencia que pueda contribuir a este estudio?

Fuente: Elaboración Propia

c- **Resultados Generales del Focus Group:** Como resultado del Focus Group, fue posible obtener información relevante con respecto a la visión del método propuesto, mediante la interacción entre los participantes con respecto a las preguntas vistas anteriormente (**Tabla 17**), esto permite generar resultados de beneficios e inconvenientes observados durante el proceso de priorización. Por otra parte, se logró capturar información relacionada a la mejora del método propuesto y comentarios generales sobre la participación. A continuación, en la **Tabla 18** se enlistan las categorías principales de información.

Tabla 18.

Beneficios, inconvenientes, recomendaciones y comentarios generales del Focus Group

#	Categoría	Descripción
1	Beneficios	De manera general, los participantes observaron diferentes beneficios durante el trascurso de las fases, dentro de la primera fase, observaron y destacaron la relevancia e importancia de los tipos de relaciones (TR), debido a que mediante los TR fueron capaces de identificar cual requisito puede comenzar antes, e incluso cuales pueden comenzar al mismo tiempo. Por otra parte, en la fase 2,3 y 4, los participantes atribuyeron que, gracias a la identificación y utilización de los elementos de los aspectos de priorización tanto de beneficio como de costo, permiten sumar o restar valor a los requisitos ya priorizados, es decir, considera que más allá de las dependencias entre requisitos, existe un aspecto de priorización que gracias al elemento determina el nivel de importancia del requisito.

2	Inconvenientes	En cuanto a los inconvenientes identificados por los participantes durante el proceso de priorización, se destaca el consumo excesivo de tiempo en las fases 1 y 4, principalmente en la identificación de dependencias y la relación entre los elementos de los aspectos de priorización con los requisitos. Por otra parte, atribuyen la demora en cada una de las fases mencionadas a la posible inexperiencia dentro del área de priorización de requisitos.
3	Recomendaciones futuras y comentarios generales	Los participantes de manera abierta realizaron diversos comentarios, sugerencias y/o recomendaciones para mejorar el método propuesto, y uno de los que más destaca es optimizar algunos procesos del método propuesto, con el propósito de disminuir los tiempos en cada fase. Por otra parte, destacan la mejora en términos de presentación del caso de estudio, es decir, consideran que los requisitos debiesen mejorar su planteamiento para entender de mejor manera el proyecto, siendo este un atributo externo al método de priorización propuesto, por lo que, finalmente y en base a la información obtenida durante el proceso del Focus Group, el método de priorización propuesto (MCPR-AD) cumple con realizar la priorización de requisitos en base a los aspectos de priorización de beneficio y costo, así como también de incluir las dependencias entre requisitos.

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 6: Conclusiones y trabajo futuro

En el presente capitulo y para finalizar, se describirá la conclusión sobre la investigación realizada y el método propuesto. Por otra parte, identificaremos el trabajo futuro del método MCPR-AD.

6.1 Conclusión

En el presente trabajo investigativo se presenta un método cualitativo para priorizar requisitos de software considerando las dependencias entre requisitos y, además, basado en aspectos y elementos que determinan la relevancia de los requisitos de software del proyecto. Si bien, existen muchos métodos de priorización de requisitos, gracias a la investigación realizada logramos determinar que existe un déficit en la creación de métodos cualitativos que consideren dependencias, es por ello, que la motivación para crear un MCPR-AD nace de este déficit. El método de priorización propuesto y denominado MCPR-AD (*Método Cualitativo para Priorizar Requisitos en base a Aspectos de priorización y Dependencias entre requisitos*), tiene como objetivo impulsar el proceso de priorización de requisitos mediante el uso de elementos cualitativos. A lo largo del trabajo investigativo se ha presentado una formulación completa del método, incluida las definiciones y propiedades más importantes. Así mismo, se logra identificar diferentes tipos de dependencias en la literatura, logrando determinar cuál o cuáles, se adecuan al propósito del proyecto. Por otra parte, hemos presentado un proceso de experimentación real utilizando MCPR-AD, que permite describir en detalle la aplicación del método. Los resultados del experimento han proporcionado respuestas a las preguntas de investigación. De esta manera, es posible afirmar que, el método MCPR-AD, ha

logrado buenos resultados en cuanto a la priorización de requisitos, es decir, considera tanto las dependencias como los aspectos de priorización de beneficio y costo. Finalmente, se realiza una entrevista de grupo focal (Focus Group), que tiene el propósito de captar información con respecto al proceso del propuesto, es decir, los entrevistados darán a conocer de qué manera percibieron cada una de las fases desarrolladas durante el proceso de experimentación, permitiéndoles de manera abierta, referirse a cualquier tipo de beneficio, inconveniente, recomendación o incluso cometarios con respecto al método MCPR-AD utilizado.

El trabajo investigativo, posee algunas implicaciones para teoría. Utilizando la clasificación de Gregor (2006), nuestro método propuesto puede considerarse como una teoría Tipo V, es decir, este articulo describe en detalle cómo llevar a cabo el proceso de priorización de requisitos, presentando prescripciones explicitas (un método novedoso) para construir un artefacto. Asimismo, es posible mencionar que nuestra propuesta responde a las condiciones sugeridas por March and Smith (1995) y Hevner et al., (2004) para producir un aporte al conocimiento de este tipo. Específicamente, se describe la utilidad para una determinada comunidad de usuarios. La priorización de requisitos inicial se lleva a cabo de una manera novedosa y se proporcionan los resultados en la experimentación para demostrar su eficiencia. Nuestro enfoque sugiere que una organización debe esforzarse por formalizar los aspectos y elementos cualitativos que impulsan el proceso de priorización en cada proyecto. Esta propuesta cualitativa permite la oportunidad para que las organizaciones lideren y mapeen proyectos de software con sus objetivos estratégicos. Los aspectos cualitativos pueden presentar diferentes grupos de interés en la organización, los cuales pueden formalizar el conocimiento y el juicio de los expertos para optimizar el proceso de toma de decisiones. En cuanto a las dependencias entre requisitos, se sugiere que los encargados de identificar las dependencias entre requisitos deban ser los desarrolladores, considerándose el personal más apto para determinar esta característica. Finalmente, para concluir este trabajo, a continuación, se presentará el trabajo futuro relacionado al método propuesto.

6.2 Trabajo Futuro

En cuanto al trabajo futuro, esperamos automatizar algunos procesos del método de priorización propuesto, debido a que durante la experimentación se observa que existen procesos que pueden ser automatizados, evitando un consumo innecesario de tiempo para el desarrollo de las actividades, por ejemplo, la identificación de dependencias entre requisitos, se puede crear una herramienta que permita crear el grafo de dependencias automáticamente, una vez identificadas las dependencias entre requisitos y a su vez poder realizar los respectivos cálculos que determinarían el Ranking Preliminar. Por otra parte, lograr llevar a cabo el método propuesto a casos reales, con profesionales dedicados o especializados en la priorización de requisitos. Finalmente, incorporar una clasificación de los tipos de requisitos existentes actualmente, con el fin de establecer normas o estándares que definan aquellos. Por otra parte, esperamos ampliar nuestro enfoque proponiendo un lenguaje formal para representar, validar y analizar semánticamente la descripción de aspectos y elementos relevantes de un proyecto de software. También, queremos explorar situaciones en las que los valores de prioridad de dos requisitos son muy cercanos entre sí, para extender el análisis a situaciones en las que los tomadores de decisiones necesitan comprender la prioridad real de dos requisitos. Finalmente, esperamos realizar experimentaciones con profesionales que estén ligados con la ingeniería de requisitos, idealmente en la priorización, logrando, además, estudiar lo difícil que es para los tomadores de decisiones pensar en términos de las principales características de nuestra propuesta, es

decir, identificación y definición de las dependencias entre requisitos, así como, la definición y priorización de aspectos y elementos, priorización de requisitos impulsada por la identificación de las relaciones con los elementos.

Referencias Bibliográficas

1- Achimugu, P., Selamat, A., Ibrahim, R., & Mahrin, M. N. R. (2014). A systematic literature review of software requirements prioritization research. *Information and software technology*, *56*(6), 568-585.

2- Alfor, M. W., & Lawson, J. T. (1979). *Software requirements engineering methodology (development)*. TRW DEFENSE AND SPACE SYSTEMS GROUP HUNTSVILLE AL.

3- Alrumaih, H., Mirza, A., & Alsalamah, H. (2018). Toward Automated Software Requirements Classification. 1-6. IEEE.

4- Asif, S. A., Masud, Z., Easmin, R., & Gias, A. U. (2017). SAFFRON: a semi-automated framework for software requirements prioritization. arXiv preprint arXiv:1801.00354.

5- Azzolini, C. M. (2012). *Un enfoque de priorización de requerimientos a partir de la segmentación de las preferencias de los stakeholders* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).

6- Berander, P., & Andrews, A. (2005). Requirements prioritization. In Engineering and managing software requirements (pp. 69-94). Springer, Berlin, Heidelberg.

7- Carlshamre, P. (2002). Release planning in market-driven software product development: Provoking an understanding. *Requirements engineering*, *7*(3), 139-151.

8- Chua, F. F., Lim, T. Y., Tajuddin, B., & Yanuarifiani, A. P. (2022). Incorporating Semi-Automated Approach for Effective Software Requirements Prioritization: A Framework Design. Journal of Informatics and Web Engineering, 1(1), 1-15.

9- Davis, A. M. (1993). *Software requirements: objects, functions, and states*. Prentice-Hall, Inc..

10- De Lucia, A., & Qusef, A. (2010). Requirements engineering in agile software development. Journal of emerging technologies in web intelligence, 2(3), 212-220.

11- del Águila Cano, I. M. (2005). Marco Metodológico de la Ingeniería de Requisitos. *Ingeniería de datos, del conocimiento y del software. Universidad de Almería. Documento digital*.

12- Devadas, R., & Cholli, N. G. (2022). PUGH Decision Trapezoidal Fuzzy and Gradient Reinforce Deep Learning for Large Scale Requirement Prioritization. Indian Journal of Science and Technology, 15(12), 542-553.

13- Devadas, R., & G Cholli, N. (2022). Interdependency aware QUBIT and BROWNBOOST rank for large scale requirement prioritization. International Journal of Computing and Digital Systems, 11(1), 625-634.

14- Dick, J., Hull, E., & Jackson, K. (2017). Requirements engineering. Springer.

15- Espinilla, M., Ruan, D., Liu, J., & Martínez, L. (2010, July). A heterogeneous evaluation model for assessing sustainable energy: A Belgian case study. In *International Conference on Fuzzy Systems* (pp. 1-8). IEEE

16- Fernández-Sánchez, C., Garbajosa, J., Yagüe, A., & Perez, J. (2017). Identification and analysis of the elements required to manage technical debt by means of a systematic mapping study. *Journal of Systems and Software*, *124*, 22-38.

17- Firesmith, D. (2004). Prioritizing requirements. Journal of Object Technology, 3(8), 35- 48.

18- García, P. F., & García, H. A., & Vasquez, I. A. (2020). *Software engineering. Requirements engineering.*

19- Gerogiannis, V. C., & Tzimos, D. (2022). Intuitionistic Fuzzy Sets in Large-Scale Software Requirement Prioritization. In Handbook of Research on Advances and Applications of Fuzzy Sets and Logic (pp. 443-476). IGI Global.

20- Gregor, S. (2006). The Nature of Theory in Information Systems. *MIS Quarterly*, *30*(3), 611–642. https://doi.org/10.2307/25148742
21- Grehag, Å. (2001). Requirements management in a life-cycle perspective-A position paper. 183-188. Citeseer.
22- Gupta, A., & Gupta, C. (2018). CDBR: A semi-automated collaborative execute-before-after dependency-based requirement prioritization approach. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences.
23- Gupta, A., & Gupta, C. (2019). A novel collaborative requirement prioritization approach to handle priority vagueness and inter-relationships. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences.
24- Gusenbauer, M. (2019). Google Scholar para eclipsarlos a todos? Comparación de los tamaños de 12 motores de búsqueda académicos y bases de datos bibliográficas. Cienciometría, 118 (1), 177-214.
25- Herrmann, A., & Daneva, M. (2008). Requirements Prioritization Based on Benefit and Cost Prediction: An Agenda for Future Research. 2008. https://doi.org/10.1109/RE.2008.48
26- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS quarterly*, 75-105.
27- Hujainah, F., Bakar, R. B. A., Nasser, A. B., Al-haimi, B., & Zamli, K. Z. (2021). SRPTackle: A semi-automated requirements prioritisation technique for scalable requirements of software system projects. Information and Software Technology, 131, 106501.
28- Kim, J., Geum, Y., & Park, Y. (2017). Integrating customers' disparate technology readiness into technological requirement analysis: an extended Kano approach. Total Quality Management & Business Excellence, 28(5-6), 678-694.
29- Kotonya, G. and Sommerville, I. (1998) Requirements Engineering: Processes and Techniques. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd.
30- Laplante, P. A. (2017). *Requirements engineering for software and systems*. Auerbach Publications.
31- Lawrence, B., Wiegers, K. y Ebert, C. (2001). El mayor riesgo de la ingeniería de requisitos. Software IEEE , 18 (6), 62-63.
32- Lenarduzzi, V., Besker, T., Taibi, D., Martini, A., & Fontana, F. A. (2021). A systematic literature review on technical debt prioritization: Strategies, processes, factors, and tools. *Journal of Systems and Software*, *171*, 110827.
33- Lowe, D., & Hall, W. (1999). Hypermedia and the Web: An engineering approach.
34- March, S. T., & Smith, G. F. (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision support systems*, *15*(4), 251-266.
35- Masadeh, R., Alzaqebah, A., Hudaib, A., & Rahman, A. (2018). Grey Wolf Algorithm for Requirements Prioritization. Modern Applied Science, 12(2), 54.
36- Paetsch, F., Eberlein, A., & Maurer, F. (2003). Requirements engineering and agile software development. 308-313. IEEE.
37- Paetsch, F., Eberlein, A., & Maurer, F. (2003). Requirements engineering and agile software development. 308-313. IEEE
38- Pandey, D., Suman, U., & Ramani, A. K. (2010, October). An effective requirement engineering process model for software development and requirements management. In *2010 International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing* (pp. 287-291). IEEE.
39- Perini, A., Susi, A., & Avesani, P. (2012). A machine learning approach to software requirements prioritization. IEEE Transactions on Software Engineering, 39(4), 445-461.

40- Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) – Sexta Edición, Project Management Institute Inc., 2017, Página 191-192.
41- Rashdan, A. (2021). Requirement prioritization in Software Engineering: A Systematic Literature Review on Techniques and Methods.
42- Riegel, N., & Doerr, J. (2015). A systematic literature review of requirements prioritization criteria. 300-317. Springer.
43- Riegel, N., & Doerr, J. (2015). A systematic literature review of requirements prioritization criteria. 300-317. Springer.
44- Rojas, L. A., & Macías, J. A. (2019). Toward collisions produced in requirements rankings: A qualitative approach and experimental study. *Journal of Systems and Software*, *158*, 110417.
45- Rottoli, G. D., & Casanova, C. (2022). Multi-criteria and Multi-expert Requirement Prioritization using Fuzzy Linguistic Labels. ParadigmPlus, 3(1), 1-18.
46- Roy, M., Deb, N., Cortesi, A., Chaki, R., & Chaki, N. (2021). NFR-aware prioritization of software requirements. Systems Engineering, 24(3), 158-176.
47- Ryan, K., & Karlsson, J. (1997, May). Prioritizing software requirements in an industrial setting. In Proceedings of the 19th international conference on Software engineering (pp. 564-565).
48- Saaty, T. (1980). The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hili
49- Sadiq, M., & Susheela Devi, V. (2021). Prioritization and selection of the software requirements using rough-set theory. IETE Journal of Research, 1-18.
50- Shao, F., Peng, R., Lai, H., & Wang, B. (2017). DRank: A semi-automated requirements prioritization method based on preferences and dependencies. Journal of Systems and Software, 126, 141-156.
51- Sommerville, I. (2005). Integrated requirements engineering: A tutorial. *IEEE software*, *22*(1), 16-23.
52- Stapleton, J. (1997). *DSDM, dynamic systems development method: the method in practice*. Cambridge University Press.
53- Thakurta, R. (2017). Understanding requirement prioritization artifacts: a systematic mapping study. Requirements engineering, 22(4), 491-526.
54- Upadhyay, N., & Sharma, A. (2020, June). Requirement Prioritization Based on Cost using Artificial Bee Colony Algorithm. In 2020 8th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions)(ICRITO) (pp. 426-430). IEEE.
55- Voola, P., & Babu, A. V. (2013). Comparison of requirements prioritization techniques employing different scales of measurement. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 38(4), 1-10.
56- Wohlin, C. (2005). Engineering and managing software requirements. Springer Science & Business Media.
57- Yaseen, M., Mustapha, A., & Ibrahim, N. (2020). Prioritization of software functional requirements from developers perspective. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *11*(9).
58- Yaseen, M., Mustapha, A., Rahman, A. U., Zaman, S. U., & Kamal, S. W. (2021). Using binary priority list and priority groups to prioritize functional requirements: ODOO ERP as case study. *International Journal of Computer Science Engineering (IJCSE) vol*, *10*(1).

Anexo 1: Preguntas cuestionario de Usabilidad

Tabla 19.
Cuestionario de Usabilidad (Preguntas)

#Pregunta	En cuanto a la Utilidad	En cuanto a la Facilidad de Uso	En cuanto a la Facilidad de Aprendizaje	En cuanto a la Satisfacción
1	El método me ayuda a ser más efectivo	El método es fácil de usar	Recuerdo fácilmente cómo usar el método	Estoy satisfecho con el método
2	El método me ayuda a ser más productivo	El método es simple de usar	Es fácil aprender a usar el método	Recomendaría el método a un amigo
3	El método me parece útil	El método es amigable	Me he hecho habiloso rápidamente con el método	El método es divertido de usar.
4	El método me da más control sobre las actividades de mi vida	El método requiere la menor cantidad de pasos posibles para lograr lo que quiero que haga	No es necesario explorar características por ensayo y error	El método funciona de la forma que yo quiero que funcione
5	El método hace que las cosas que quiero lograr sean más fáciles de hacer	El método es flexible	El orden de las áreas de trabajo es lógico	El método es maravilloso
6	El método me ahorra tiempo cuando lo uso	La actualización del método no requiere mayor esfuerzo		Siento la necesidad de tener el método
7	El método responde a mis necesidades	Puedo usar el método sin instrucciones escritas		El método es agradable de utilizar
8	El método hace todo lo que yo esperaría que hiciera	No se hacen notar inconsistencias mientras uso el método		
9		Pienso que el método gustaría a		

	usuarios ocasionales como a regulares
10	Puedo usar el método siempre con éxito

Anexo 2: Transcripción del Focus Group

A continuación, se desarrolla la transcripción de la entrevista que dura aproximadamente 55 minutos.

Interlocutor 1: ¿Qué utilidad percibieron en la primera tarea de identificar las dependencias entre los requisitos?, independiente de las actividades que fueron a hacer después, si eso les sirvió, ¿en qué les sirvió?

Participante 5: Fue útil para ver la prioridad de cada tarea como tal, porque si bien a medida que íbamos relacionándolas, entendíamos de mejor manera el proyecto.

Participante 1: También logramos observar que tan relevantes eran los requisitos e incluso hubo momentos que nos percatábamos o considerábamos que podrían haber existido o faltado algún requisito.

Participante 4: A lo que nos aportó bastante fue observar cuales requisitos eran más importantes a simple vista, ya que existían requisitos que dependencias muchos de un solo requisito, por lo que para nosotros fue como "ese requisito es bien importante".

Participante 3: Para mí fue importante para observar de mejor manera que es lo que debe hacer el sistema.

Participante 2: Opino lo mismo que mis compañeros, nos ayudó bastante a identificar que requisitos eran importantes y, además, entender de mejor manera que realizaba el sistema.

Interlocutor 1: ¿Qué inconvenientes o dificultades tuvieron al realizar esta primera etapa de identificar las dependencias entre los requisitos?

Participante 1: El inconveniente que cabe recalcar, fue que las historias de usuarios nos causaron algunos inconvenientes, debido a que creíamos que ciertos requisitos podrían haber sido 2 requisitos para entenderse de mejor manera, y a su vez también creímos que podrían faltar requisitos, por lo que al buscar dependencias esto nos acomplejaba.

Participante 5: El inconveniente que más destaco, fue que algunos requisitos eran muy redundantes, por lo cual tratar de buscar la dependencia con alguno, se hacía complejo.

Participante 4: Considero que faltaron algunos requisitos para poder identificar de mejor manera algunas dependencias.

Participante 3: Opino lo mismo que mis compañeros, al buscar las dependencias nos percatábamos que faltaban requisitos.

Participante 2: Como han mencionado todos mis compañeros, no fue muy complicado realizar las dependencias, sino que, a base de nuestro conocimiento y entendimiento sobre el proyecto, nos percatamos que faltaban requisitos para tratar de mejor manera las dependencias identificadas.

Interlocutor 1: ¿Que utilidad percibieron sobre los tipos de relaciones de la dependencia directa?

Participante 2: Fueron super importantes para ver el orden de los requisitos.

Participante 5: Fueron vitales dentro de la etapa para identificar el comienzo o el fin de algún requisito, e incluso ver si algunos pudiesen comenzar al mismo tiempo.

Participante 4: Nos ayudó para identificar cuales requisitos deben comenzar en paralelo, u otras deberían comenzarse antes o terminar antes.

Participante 3: Al igual que mis compañeros nos ayudó a pensar de mejor manera que ciertos requisitos a pesar de que dependiesen de un requisito podrían ejecutarse al mismo tiempo.

Participante 1: Fueron claves, ya que cuando identificamos las dependencias, aparecieron requisitos que dependían mutuamente, por lo cual para representar esa dependencia nos ayudó bastante los tipos de relaciones tanto de inicio-inicio como final-final.

Interlocutor 1: ¿**Qué sugieren para mejorar la tarea de identificar las dependencias entre los requisitos?**

Participante 5: Para comenzar creo que debiesen estar mejor definidos los requisitos para lograr realizar de manera correcta las dependencias.

Participante 2: Mas haya de estar bien definidos o no, creo que, para un mejor entendimiento, los requisitos debiesen estar clasificados o agrupados por tarea u objetivo.

Participante 4: Exacto, que estuviese agrupadas por temática, por ejemplo, si el requisito habla sobre la retroalimentación crear una clasificación de todos los requisitos que mencionen una retroalimentación.

Participante 1: Considero que clasificar disminuiría los tiempos, ya que al ser tantos requisitos debíamos leer uno por uno para identificar cual necesitábamos utilizar.

Participante 3: Opino lo mismo que mis compañeros, creo que clasificar igual podría disminuir un poco el tiempo de demora.

Interlocutor 1: ¿Qué beneficio observaron a la tarea de definir los aspectos y los elementos y priorizarlos?

Participante 2: Identificar los aspectos y elementos fue beneficioso para observar que es lo más importante dentro del proyecto.

Participante 4: Fue beneficioso para saber qué es lo que se está buscando del proyecto.

Participante 5: La identificación de aspectos y elementos nos ayudó a centrarnos en los estándares del proyecto, de lo que desea el cliente y sus usuarios.

Participante 3: Identificarlos y priorizarlos fue en base a las necesidades del proyecto o los usuarios, eso quiere decir que lo observamos por ambas partes, tanto del cliente como de los usuarios del sistema.

Participante 1: Opino lo mismo de mis compañeros, priorizamos los aspectos en base a que tan importante debe ser para los que utilizaran el sistema, al igual que los elementos, donde priorizamos en base que tan importante es el elemento en cuanto al sistema y sus usuarios.

Interlocutor 1: ¿Qué inconvenientes tuvieron al realizar la tarea de definir los aspectos y los elementos y priorizarlos?

Participante 4: Considero que, al ser bastantes aspectos y elementos, consumían mucho tiempo, ya que había que entrar muy en detalle para decidir si incluirlos o no.

Participante 2: Por mi parte fue el tiempo utilizado.

Participante 3: Creo que más que el tiempo, existían ciertos aspectos u elementos que necesitaban de una explicación para entender a qué característica se refería.

Participante 5: Opino lo mismo que el participante 3, más que el tiempo, fue tomarle un sentido al concepto del aspecto o el elemento.

Participante 1: Como mencionan los demás participantes, si hubiesen existido definiciones de a que se refería tal aspecto, no hubiese tomado mucho tiempo la elección de ellos, además, también considero que, al no tener experiencia, puede que un experto esto aspectos y elementos no sean una gran dificultad seleccionarlos.

Interlocutor 1: La priorización se llevaba a cabo a través de la relación entre los elementos de los aspectos y los requisitos ¿Qué utilidad creen que genera el priorizar mediante la identificación de estas relaciones?

Participante 5: Por mi parte considero que asignarle la relación entre el elemento del aspecto con el requisito, fue de utilidad para identificar que tan de la mano interactúan.

Participante 2: Asignarles la relación fue de utilidad para darle más valor o restar más valor a los requisitos.

Participante 4: Complementando al participante 2, identificar esta relación entre elemento y requisito, permitió observar que los requisitos más importantes en el ranking preliminar podrían llegar a ser muy costosos para el proyecto.

Participante 3: La identificación de las relaciones entre elementos y requisitos, nos ayudó a establecer un acuerdo entre todos los integrantes de cómo se relacionaban, o que tan importante era ese elemento con respecto al requisito.

Participante 1: Opino lo mismo que los demás participantes, la utilidad más que nada fue identificar que tan relacionado estaba el elemento elegido con cada uno de los requisitos.

Interlocutor 1: ¿Qué desventajas creen que genera el priorizar mediante la identificación de la relación entre los elementos de los aspectos y los requisitos?

Participante 4: Fue muy tedioso el proceso, debido a que había que analizar cada requisito y asignarles un valor respecto a si estaban relacionados o no con el elemento.

Participante 2: Exacto, el proceso tomo mucho tiempo debido a que se debía relacionar cada uno de los elementos por cada requisito.

Participante 5: Agotador, analizar uno a uno tomo demasiado tiempo.

Participante 3: No existió ninguna desventaja más que la mencionada por los demás participantes, estar analizando uno por uno tomo mucho tiempo, volviéndose en un punto agotador.

Participante 1: Opino de igual manera que los demás participantes, solo se generó un cansancio mental de tanto analizar cada elemento por cada requisito, me imagino que para un proyecto con más requisitos debe ser mucho más agotador.

Interlocutor 1: En cuanto al ranking final de los requisitos ¿Están de acuerdo con el ranking final generado?

Participante 5: No estoy de acuerdo con el ranking generado.

Participante 4: De mi parte no estoy de acuerdo con algunas posiciones de algunos requisitos, por ejemplo, considero que el requisito que salió en la primera posición no debiese ir ahí, pero los que están en la segunda y tercera posición sí

Participante 2: No quede muy conforme con el ranking generado.

Participante 3: No quede conforme las posiciones que obtuvieron los requisitos relacionados al administrador, ya que a mi parecer eran unos de los más importantes dentro del proyecto.

Participante 1: En base a la lectura del proyecto y el ranking preliminar, teníamos otra visión sobre las posiciones que pudiesen darse, por lo cual el ranking final no cumplió con nuestras expectativas.

Interlocutor 1: El ranking final considera, además de las relaciones entre requisitos y elementos, las dependencias entre los requisitos ¿Qué beneficios observaron en el ranking final generado de acuerdo con las dependencias y relaciones identificadas?

Participante 4: El beneficio que considero que se dio, fue que gracias a las dependencias obteníamos un ranking, en el cual observábamos cuales eran los más importante, pero al aplicarles las relaciones con los elementos, nos daba un mayor entendimiento.

Participante 5: Estoy de acuerdo con el participante 4, al relacionarlos con los elementos, puede que un requisito que haya tomado la primera posición no sea tan costoso, en cambio sí nos quedábamos solo con el ranking de las dependencias podría el requisito de la primera posición haber sido muy costoso, ya sea en presupuesto como en tiempo de desarrollo.

Participante 3: El beneficio es que gracias a ambas se puede determinar la importancia de los requisitos.

Participante 1: Incluir ambas ayudo a apreciar más el valor de los requisitos.

Participante 2: Ambos trabajan en conjunto, puede que al principio mencionáramos que con el ranking de las dependencias hubiese sido suficiente para priorizar, pero luego vimos la importancia que tiene aplicar los elementos de los aspectos.

Interlocutor 1: ¿Qué inconvenientes observaron en el ranking final?.

Participante 2: No se presentó ningún inconveniente, más que de mi parte no quede muy conforme con el ranking final

Participante 4: No observe ningún inconveniente más que las posiciones que se dieron con algunos requisitos.

Participante 5: Al igual que los demás participantes, no quede conforme con el resultado solamente, pero inconvenientes no se me presentaron.

Participante 3: No hubo inconvenientes.

Participante 1: De mi parte tampoco considero que no hubo inconvenientes.

Interlocutor 1: ¿En qué sugieren centrarse en el futuro?

Participante 5: Sugiero seguir centrándose en ambas, porque considero que ambas van de la mano, pero si me gustaría ver disminuidos los tiempos en completar la tarea de relacionar los elementos con los requisitos.

Participante 3: Yo me centraría en dar un mejor contexto sobre los requisitos o las historias de usuario que vimos.

Participante 1: Opino lo mismo que el participante 3, mejorar las historias de usuario, ya que, se nos hubiese hecho más fácil buscar las dependencias

Participante 4: Opino lo mismo que mis compañeros, dar un mejor formato en cuanto al contexto, ya que al identificar las dependencias muchas veces creímos faltantes requisitos

Participante 2: De mi parte considero que ambos trabajan bien en conjunto, incluir algo mas a la propuesta podría aumentar más los tiempos.

Interlocutor 1: Para cerrar esta discusión, ¿Tienen algún otro comentario o sugerencia que pueda contribuir a este estudio?

Participante 3: Considero que podrían agregar más valores de las relaciones entre los elementos y requisitos, ya que, considerar solo 3 valores que son 1, 0.5 y 0, no define un valor intermedio entre ellos, o está muy relacionado o medianamente relacionado.

Participante 5: De mi parte me gustaría ver implementado una herramienta para las dependencias, es decir, que cuando ya identifiquemos las dependencias se realice automáticamente el grafo de dependencias, para no tener que estar dibujándolas.

Participante 2: En el caso que se pudiese, si entre todas las partes estamos de acuerdo con que un requisito no deba tener la posición que obtuvo, poder realizar este cambio.

Participante 1: Considero que el resultado final pudiese ser más amistoso, agregándoles la descripción de cada requisito en el ranking final

Participante 4: Automatizarlo, para no demorar tanto tiempo, como mencionaron los demás participantes, ya sea una herramienta que permita agilizar ciertos procesos.

Participante 3: Por otra parte, más que sugerencia me gustaría haber realizado la prueba con un contexto de desarrollo de software real, para comprobar que tan cercanos estuvimos al resultado final, obviamente de un proyecto con éxito.