

**TÉCNICA DE LÓGICA DIFUSA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS EN  
PROYECTOS ÁGILES DE DESARROLLO DE SOFTWARE**

**MELANIO MORENO CUESTA**

**UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SOFTWARE  
MEDELLÍN  
2021**

**TÉCNICA DE LÓGICA DIFUSA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS EN  
PROYECTOS ÁGILES DE DESARROLLO DE SOFTWARE**

**MELANIO MORENO CUESTA**

Trabajo de grado para optar al título de  
Magister en Ingeniería de Software

Director  
JESÚS ANDRÉS HINCAPIÉ LONDOÑO

Codirector  
LINA MARÍA SEPÚLVEDA CANO

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SOFTWARE  
MEDELLÍN  
2021

*Dedicado a mi familia, en especial a mi madre.  
Y también a mi pueblo, San Antonio de Padua,  
ese que me vio nacer y crecer.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la profesora Bell Manrique por su apoyo incondicional que fue fundamental en mi formación en el área de la investigación.

A mis directores, Jesús Andrés Hincapié y la profesora Lina Sepúlveda.

A la profesora Gloria Piedad Gasca Hurtado, por su confianza para que pudiese sacar adelante esta investigación y, especialmente, porque ella, junto con el profesor Jesús Andrés, fueron un gran apoyo para formarme en la maestría de la ingeniería del software.

A la profesora María Clara Gómez, porque fue quien me inició desde el primer semestre en el mundo de la investigación; así mismo, a la profesora Luisa Fernanda Villa y a cada uno de los demás profesores que aportaron un granito de arena en mi construcción.

Al profesor Juan Bernardo Quintero, que me incorporó en el área de la arquitectura del software y hoy se está viendo el fruto.

## TABLA DE CONTENIDO

1	CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	SUMMARY.....	1
1.2	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.3	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.4	HIPÓTESIS.....	5
1.5	JUSTIFICACIÓN.....	5
1.6	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2	CAPÍTULO 2: REFERENTES TEÓRICOS.....	8
2.1	INTRODUCCIÓN A LA LÓGICA DIFUSA.....	8
2.2	CONJUNTOS DIFUSOS Y SISTEMAS DE LÓGICA DIFUSA (FIS).....	9
2.3	MEJORA DE PROCESOS.....	11
2.5	METODOLOGÍAS DE DESARROLLO ÁGIL.....	13
3	CAPÍTULO 3: REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
3.1	PROCESO DE REVISIÓN.....	15
3.2	PROCESO DE BÚSQUEDA 1.....	15
3.3	PROCESO DE BÚSQUEDA 2.....	17
3.4	ANÁLISIS DE ESTUDIOS.....	19
3.5	RESULTADOS DE LA REVISIÓN DE LITERATURA.....	25
4	CAPÍTULO 4: FUNDAMENTOS DE LA PROPUESTA.....	28
4.1	FUNDAMENTOS A PARTIR DE LOS TRABAJOS PRIORIZADOS.....	29
5	CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA PROPUESTA.....	56

5.1	ANÁLISIS DEL ENTORNO DE GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS ÁGILES.....	56
5.2	ESTRATEGIA PARA GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS ÁGILES.....	60
6	CAPÍTULO 6: DISEÑO DE MOTOR DE INFERENCIA.....	63
6.1	MÉTODO.....	63
6.1.1	PRELIMINARES.....	63
6.1.2	APLICACIÓN DEL ALGORITMO DE EVALUACIÓN.....	66
6.1.2.2	AGREGACIÓN DE LAS SALIDAS.....	67
6.1.3	APLICACIÓN UNIEXPERTO.....	67
6.1.4	APLICACIÓN MULTIEXPERTO.....	70
6.1.5	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	73
6.2	DISEÑO DEL MOTOR DEL NIVEL DE RIESGO.....	74
7	CAPÍTULO 7: IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA PROPUESTA.....	84
7.1	METODOLOGÍA.....	84
7.2	PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE MOTORES DE INFERENCIA DIFUSA...85	
7.2.1	PRUEBAS DEL MOTOR DE PRIORIZACIÓN DE LOS RIESGOS DE ANÁLISIS CUALITATIVO .....	85
7.2.2	PRUEBAS DEL MOTOR DE NIVEL O MAGNITUD DE RIESGO DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	88
7.2.3	IMPLEMENTACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	92
7.2.4	IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN WEB.....	93
8.	CAPÍTULO 8: DEFINICIÓN DEL DISEÑO DE CASO DE PRUEBA.....	98
8	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	123
8.1	ANÁLISIS DEL SPRINT.....	125
8.2	ANÁLISIS A NIVEL GENERAL DEL PROYECTO.....	130
8.3	LA EXPOSICIÓN DEL RIESGO A NIVEL DE SPRINT.....	132
9	CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135

9.1	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	138
-----	----------------------------------	-----

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 RESUMEN**

El principal objetivo de la investigación consiste en buscar una mejoría sustancial en el proceso de la gestión de riesgos en metodologías ágiles a través de la técnica de lógica difusa de inteligencia artificial. La idea de la estrategia es llevar la gestión de riesgo a las metodologías ágiles y que se puedan desarrollar sistemas de información con la solución propuesta, obteniendo buenos resultados.

Las prácticas de las metodologías ágiles asumen el reto de que en su haber no requieren de prácticas que impliquen la gestión de riesgos explícitos; es decir, llevar una tabla de riesgo en el proceso, porque esa es la razón de ser y la filosofía del manifiesto ágil: llevar un proceso muy liviano sin mucha burocracia de proceso. Pero las metodologías ágiles no son más que unas gestoras de impedimentos y problemas.

El reto asumido implicó adentrarse y profundizar en una temática que demanda el mundo tecnológico de hoy, siempre en constante evolución, como es la de estructurar mejoras para los desarrollos de software, soportadas específicamente en la técnica de lógica difusa, como ya se indicó.

La técnica mencionada ha venido arrojando muy buenos resultados en los diferentes ámbitos de aplicación, especialmente en ambientes industriales.

### **PALABRAS CLAVES:**

Mejora de proceso, metodologías ágiles, gestión de riesgo, riesgo, problema, impedimento, Lógica difusa, inteligencia artificial, desarrollo de software.

### **1.1 SUMMARY**

The main objective of the research is to seek a substantial improvement in the process of risk management in agile methodologies through the technique of fuzzy logic of artificial intelligence. The idea of the strategy is to bring risk management to agile methodologies and that information systems can be developed with the proposed solution, obtaining good results.

Agile methodology practices take on the challenge that they do not require practices involving explicit risk management; that is, to carry a risk table in the process, because that is the reason for being and the philosophy of the agile manifesto: to carry a very light process without much process bureaucracy. But agile methodologies are only managers of impediments and problems.



The challenge assumed involved delving into and deepening into a theme that the technological world of today demands, always in constant evolution, such as the structuring of improvements for software developments, supported specifically in the technique of diffuse logic, as already indicated.

The above technique has been showing very good results in the different fields of application, especially in industrial environments.

#### **KEY WORDS:**

Process improvement, agile methodologies, risk management, risk, problem, impediment, fuzzy logic, artificial intelligence, software development.

### **1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Los Modelos de Referencia para la Mejora de Procesos (MRMP) son colecciones de mejores prácticas basadas en la experiencia y en el conocimiento de diversas organizaciones [1]. La adopción de múltiples MRMPs les permite a las organizaciones aprovechar los efectos de sinergia, y aumenta su competitividad en el mercado de tecnologías de información (TI) [2], [3]. Por un lado, las organizaciones pueden abordar de manera coordinada las diferentes áreas comunes de los MRMPs; por otro lado, las debilidades de un solo MRMP pueden ser superadas por las fortalezas de otros. En cualquier caso, las empresas obtienen una ventaja de su implementación, ya sea por el reconocimiento en el ámbito profesional o por determinadas posibilidades de mejora, como la de maximización del ROI (Retorno de la Inversión o *Return of investment*) [4], [5].

Un componente importante en todo proyecto exitoso es la gestión de riesgos; por lo tanto, se incluye como una de las áreas en el cuerpo de conocimiento de los MRPs [6], [7]. En los proyectos de desarrollo de software, la gestión de riesgos permite definir en forma estructurada, operacional y organizacional, una serie de actividades para gestionar los riesgos a lo largo de todas las fases del ciclo de vida. En la mayor parte de los casos esto se traduce en la creación de planes tendientes a impedir que los riesgos se transformen en problema o a minimizar su probabilidad de ocurrencia o impacto [8].

A nivel organizacional, una política de gestión de riesgos debería considerar, al menos, los siguientes aspectos [9]:

- Identificación, análisis, priorización y revisión de riesgos.

- Un plan de gestión de riesgos documentado apropiadamente, ya sea como un documento independiente o formando parte del plan de proyecto.
- Una base de datos de riesgos para cuantificar adecuadamente el impacto en el tiempo y sea enriquecida periódicamente.

En los métodos tradicionales de desarrollo de software la gestión de riesgos es explícita, es decir, la administración del riesgo debe ser presentada al comienzo del proyecto y los riesgos deben ser evaluados durante todo el ciclo de desarrollo. Por lo tanto, la gestión eficaz del riesgo se compone de [10]: 1) Identificación del riesgo. 2) Análisis de cada riesgo para determinar su complejidad. 3) Priorización de los riesgos identificados en función de su gravedad. 4) Creación de planes de acción (respuestas) para lidiar con los riesgos de alta prioridad. 5) Monitoreo continuo y seguimiento para asegurar que los planes de acción estén mitigando los riesgos [11], [12], [13].

Las prácticas del proceso de riesgos en métodos ágiles solo pueden cubrir los riesgos de la parte interna del proyecto, es decir, el desarrollo interno del software, que son directamente las prácticas de desarrollo de metodologías ágiles [14]. Según Thomas [15], las prácticas de gestión de riesgos en metodologías ágiles pueden reducir los riesgos relacionados con el tiempo de salida al mercado, el presupuesto, el costo de cancelación, la fluencia del alcance, los requisitos y la tecnología.

A pesar de lo anterior, las mencionadas prácticas del proceso de riesgos no pueden o no alcanzan a cubrir los riesgos del desarrollo externo del software, y estos quedan expuestos [14]; según Thomas [15], las prácticas de gestión de riesgos en metodologías ágiles pueden conducir a un diseño inadecuado, no se dirige al personal débil y no aborda fallos del contratista [15]. Según Hudson [16], estas mismas prácticas pueden ocasionar falta de comprensión del cliente con la metodología, productos de terceros que no funcionan según lo esperado, la pérdida o prostitución de los datos en los sistemas del equipo de trabajo y conflictos entre la agenda personal del cliente y los objetivos del proyecto [17], [18].

La gestión de riesgos en proyectos ágiles no es explícita, y los posibles escenarios de gestión de riesgos son: discusiones en reuniones diarias de planificación de los ciclos o iteraciones cortas [19], [20], [17]; análisis de cambio en los requisitos entre iteraciones y priorización de historias de usuario [13]; continua comunicación con el cliente para tener una retroalimentación rápida y corregir cualquier desviación y error [18], [21], [22] y entregas frecuentes.

Las metodologías ágiles no sugieren ningún valor de atributo de riesgo en particular ni ninguna técnica específica para evaluarlas. Las técnicas que se sugieren corresponden principalmente a evaluaciones frecuentes en equipos de personas, donde los riesgos son analizados de manera cualitativa [23]. Dentro de los procesos ágiles también se puede hacer una lista priorizada de riesgos o inquietudes y asignarles valores que luego publican en el espacio informativo de trabajo [23]. Los

riesgos y los valores de los atributos generalmente se muestran como notas de diferentes colores que indican el nivel de prioridad [18].

Los procesos ágiles no proporcionan un proceso estructurado de gestión de riesgos [24], [20], [25], pues carecen de actividades necesarias como identificación de riesgos, análisis de riesgo y plan de mitigación [26], [13]. La creencia inherente es que los métodos ágiles usan control de procesos empíricos para monitorear continuamente cómo va el proyecto, y que hacerlo minimiza los riesgos en sí mismos [19]. Además, los modelos ágiles no proporcionan una guía sobre los roles y las responsabilidades dentro de un equipo para las actividades de gestión de riesgos [19].

Para intentar cubrir los riesgos que las metodologías ágiles no contemplan, en la literatura se propone el uso de diversas técnicas de las metodologías tradicionales, como [13]:

- Estimaciones relativas [22]
- Análisis FODA: las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas [22]
- Gráfica de quemado [6]
- Matriz de riesgo [22]

Estas técnicas han generado impacto negativo en la comunidad ágil debido a la burocratización, la excesiva documentación que implica su aplicación y la administración manual que requiere. Contraviene en la iniciativa de un marco de referencia estándar de mejora de procesos automatizado que permita minimizar el esfuerzo humano garantizando la filosofía del manifiesto ágil relativas [22], [6].

Debido a estas dificultades es necesario mejorar la técnica para la gestión de riesgos explícita dentro de las metodologías ágiles, de tal forma que se aborde el riesgo de los factores externos, el riesgo de cambio de tecnología o, en su defecto, el cambio de requisitos. Esta mejora se puede llevar a cabo a través de la mejora del proceso de gestión de riesgos o, en un nivel más amplio, llevar todos los riesgos del proyecto por iteración o ciclo. En ese orden de ideas, se propone un marco de referencia de mejora de procesos de gestión de riesgos en el marco del manifiesto ágil que considere roles, responsabilidades y actividades de gestión de riesgos, y permita mitigar los riesgos en los proyectos de metodologías ágiles.

### **1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo están llevando las organizaciones la gestión de riesgos cuando incursionan con iniciativas de metodologías ágiles y de qué manera se podría mejorar dicha gestión de riesgos?

## **1.4 HIPÓTESIS**

Es posible mejorar el proceso de gestión de riesgos de las metodologías ágiles con la misma agilidad y simpleza del proceso, sin volverlo tradicional, y que permita documentarlo, seguirlo, hacerle trazabilidad y darle formalidad, haciendo uso de una herramienta automatizada que provea mejores beneficios en calidad del producto a través de la probabilidad y el impacto cualitativo.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

El propósito de esta investigación es encontrar los puntos críticos del proceso de riesgos de las metodologías ágiles y proponer una mejora de ese proceso formalizando su implementación bajo la misma filosofía del manifiesto ágil.

Debido a que la gestión implícita de riesgos carece de actividades como identificación de riesgos, evaluación, priorización del riesgo, monitoreo y control [24], [20], [25], el proceso de riesgos en las metodologías ágiles es más cercano a una estrategia de mitigación de riesgos, [24] dejando a un lado la administración de riesgos.

Es conveniente una administración formal de riesgos para entornos ágiles que permita mitigar los riesgos emergentes adecuadamente, sin quedarse solamente en la gestión de impedimentos [13], más conocidos como problemas. Los riesgos emergentes son eventos que ya sucedieron y han provocado daños [27], [28]; la idea de su administración formal es mitigar cierta incertidumbre para no tener que resolver impedimentos o problemas.

Debido a esta debilidad encontrada en el proceso de riesgos en las metodologías ágiles, se propone mejorar el proceso y ofrecer una herramienta automatizada mediante lógica difusa que facilite la ejecución formal de la gestión de riesgos en estos entornos.

La lógica difusa permite utilizar conceptos relativos de la realidad, definiendo grados variables de pertenencia y siguiendo patrones de razonamiento similares a los del pensamiento humano, según Kosko [29], [30]. De esta manera, en el marco rígido de la lógica formal, la utilidad de una empresa, por ejemplo, es baja, dándole un valor de cero (0), o es alta dándole un valor de uno (1); para la lógica difusa son posibles también todas las condiciones intermedias de utilidad como "muy baja", "relativamente alta", "media", "ligeramente baja", etc. [30].

Para lograr este funcionamiento, la lógica difusa requiere que un motor de inferencia de datos automatizado le suministre dicha información, y de esta manera puede ampliar los rangos de respuesta rompiendo la limitante de la lógica clásica.

En un proceso manual de gestión de riesgos, el registro de riesgos debe revisarse y actualizarse en cada ciclo o iteración con cualquier información nueva obtenida durante el ciclo [31]. De esta forma, la gestión de riesgos se convierte en una parte integral de las metodologías ágiles, y puede mejorarse con un modelo de gestión de riesgo apropiado y realista, con soporte automatizado bajo el control de un motor de inferencia de datos.

En el mundo de la inteligencia artificial las herramientas que más se aproximan a la solución son la lógica difusa y los sistemas expertos, debido a que la lógica difusa permite tomar decisiones utilizando reglas formuladas de manera cotidiana, utilizando lenguaje natural a partir de información imprecisa, ambigua y vaga.

Se pretende abordar el conflicto que se genera cuando se intentan llevar prácticas tradicionales a las metodologías ágiles, como son la burocracia y excesiva documentación [14], [32]. La idea fundamental es mejorar el proceso de riesgos de las metodologías ágiles, de tal forma que permita minimizar el esfuerzo humano y vaya acorde con el manifiesto ágil, sin volver el proceso más complejo. Este proyecto es destinado a la comunidad desarrolladora de software, compuesta por desarrolladores, clientes, usuarios, en entornos de desarrollo ágil.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una herramienta para la mejora de procesos de gestión de riesgos en proyectos ágiles de desarrollo, utilizando como herramienta técnica un motor de inferencia basado en lógica difusa.

### **1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar las prácticas, estrategias y propuestas para la gestión de riesgos en proyectos ágiles a partir de un proceso de revisión de literatura.
- Estructurar una estrategia para gestionar los riesgos en proyectos ágiles a partir de las prácticas, estrategias y propuestas identificadas.
- Diseñar un motor de inferencia de gestión de riesgos basado en la estrategia estructurada y un enfoque de lógica difusa a nivel prototipo.
- Implementar la técnica propuesta de gestión de riesgos, a partir del motor de inferencia diseñado, en una herramienta de software a nivel de prototipo.

- Validar la técnica implementada, con la aplicación y el uso de la herramienta en un proyecto ágil para un ciclo o iteración, que permita minimizar el esfuerzo humano.

## **CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA Y SOLUCIÓN**

El problema de las metodologías ágiles en el campo de la gestión de riesgos radica en que, por la razón de ser y la filosofía del proceso, y para no volverlo pesado y/o difícil de encajar en el agilísimo, no se lleva un listado de riesgos que dé como resultado la gestión de los riesgos; pero se cree que con la gestión de impedimentos y problemas se combate ese mismo riesgo, dado que un problema o impedimento es muy distinto a una incertidumbre o riesgo, y, además, se abordan de diferentes formas.

Se propone la lógica difusa como una solución para la gestión de riesgos porque dicha gestión es un asunto complejo de predecir dada la incertidumbre amplia que le es inherente, y las herramientas matemáticas se quedan cortas para su manejo. La lógica difusa vino a resolver esa problemática ampliando el rango de soluciones de la lógica clásica (blanco o negro, uno o cero), mientras que con la lógica difusa el rango se amplía exageradamente pudiendo dimensionar las variables y presentando una herramienta ideal para abordar la gestión de riesgos, muy propia para automatizar el proceso y dar así el aporte 'light' que exigen las metodologías ágiles.

## CAPÍTULO 2: REFERENTES TEÓRICOS

### 2.1 INTRODUCCIÓN A LA LÓGICA DIFUSA

Un número difuso trapezoidal es lo mismo que un conjunto difuso en una función  $X$ ; en un universo del discurso, un conjunto difuso se representa gráficamente a través de la función de pertenencia [52, 53, 54].

Una función se puede representar en una variable lingüística y esta variable se compone de conjuntos o números difusos, que vienen a ser las variables de entrada o de salida. Las funciones de pertenencia son una forma de representar gráficamente un conjunto borroso sobre un universo. Hay diversos tipos de funciones, así:

Función triangular, como se ve en la Ilustración 1. Definida mediante el límite inferior  $a$ , el superior  $b$  y el valor modal  $m$ , tal que  $a < m < b$ , como se puede ver en la Ecuación 1. La función no tiene porqué ser simétrica [52, 53, 54].

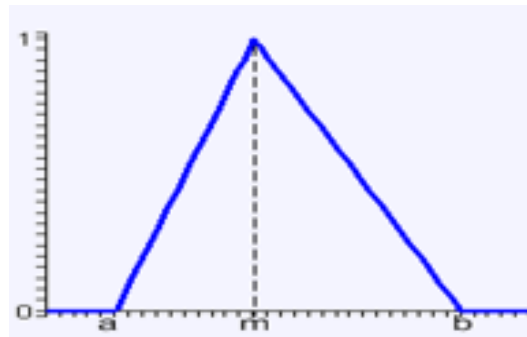


Ilustración 1. Función Triangular: representación gráfica del conjunto borroso triangular [57].  
([http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica\\_borrosa/web/tutorial\\_fuzzy/contenido3.html](http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/tutorial_fuzzy/contenido3.html))

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, & \text{si } a < x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m}, & \text{si } m < x < b \\ 0, & \text{si } x \geq b \end{cases}$$

Ecuación 1. Ecuación de la función triangular: ecuación que representa el número difuso triangular.

Función Trapezoidal. Como se ve en la gráfica (Ilustración 2). Definida por sus límites inferior **a**, superior **d**, y los límites de soporte inferior **b** y superior **c**, tal que **a < b < c < d**, como se ve en la Ilustración 2. En este caso, si los valores de b y c son iguales, se obtiene una función triangular.

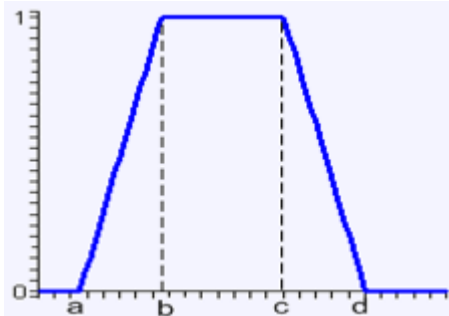


Ilustración 2. Función trapezoidal: esta función representa el conjunto difuso trapezoidal ([http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica\\_borrosa/web/tutorial\\_fuzzy/contenido3.html](http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/tutorial_fuzzy/contenido3.html))

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } (x < a) \text{ o } (x > d) \\ \frac{x - a}{b - a}, & \text{si } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{si } b \leq x \leq c \\ \frac{d - x}{d - c}, & \text{si } c \leq x \leq d \end{cases}$$

Ecuación 2. Ecuación de la función trapezoidal: esta ecuación representa el número difuso trapezoidal

## 2.2 CONJUNTOS DIFUSOS Y SISTEMAS DE LÓGICA DIFUSA (FIS):

La creciente necesidad de dar solución apropiada a problemas de índole político, económico, social, administrativo y financiero, que parten de percepciones estrictamente humanas y que como tal no cuentan con la suficiente información para aplicar modelos matemáticos convencionales, ha obligado a la búsqueda de modelos alternativos que permitan llegar a valores numéricos a partir de variables expresadas en términos lingüísticos. La lógica difusa aparece como una de las herramientas que permite hacer esta transformación y que proporciona una visión diferente a la otorgada por la Lógica Formal o Clásica [30].



La lógica clásica, o lógica bivaluada, no resulta adecuada cuando se trata de describir hechos que no son totalmente verdaderos o falsos, ya que excluye por completo posibilidades entre estos dos valores. La lógica difusa, en cambio, permite utilizar conceptos relativos de la realidad, definiendo grados variables de pertenencia y siguiendo patrones de razonamiento similares a los del pensamiento humano, según Kosko [29], [30].

La lógica difusa está relacionada y fundamentada en la teoría de los Conjuntos Difusos, según la cual, el grado de pertenencia de un elemento a un conjunto está determinado por una función de pertenencia que puede tomar todos los valores reales comprendidos en el intervalo  $(0, 1)$ , según Jang [45], Kulkarni [46], Kasabov [47] y Kosko [29], [30].

De esta manera, mientras que en el marco rígido de la lógica formal la utilidad de una empresa, por ejemplo, es baja, dándole un valor de cero (0), o es alta dándole un valor de uno (1), para la lógica difusa son posibles también todas las condiciones intermedias de utilidad, tales como "muy baja", "relativamente alta", "media", "ligeramente baja", etc. [30].

Con la lógica difusa se abre la posibilidad de dar solución a problemas expresados desde la perspectiva humana y que, por esta simple condición, no pueden tener una solución única desde lo "falso" o "verdadero", sino que pueden tomar condiciones intermedias para dar soluciones satisfactorias a los problemas presentados [30].

Un Sistema de Inferencia Difuso – FIS, es una forma de representar conocimientos y datos inexactos en forma similar a como lo hace el pensamiento humano, según Jang [45]. Un FIS define una correspondencia no lineal entre una o varias variables de entrada y una variable de salida; esto proporciona una base desde la cual pueden tomarse decisiones o definir patrones [30].

Diagrama de bloques de un sistema basado en técnicas de lógica difusa [29],[30], [45]:

**BLOQUE DIFUSOR:** bloque en el que a cada variable de entrada se le asigna un grado de pertenencia a cada uno de los conjuntos difusos que se ha considerado, mediante las funciones características asociadas a estos conjuntos difusos. Las entradas a este bloque son valores concretos o numéricos de las variables de entradas y las salidas son grados de pertenencias a los conjuntos difusos considerados.

**BLOQUE DE INFERENCIA:** bloque que, mediante los mecanismos de inferencia relaciona conjuntos difusos de entrada y de salida y que representa las reglas que definen el sistema. Las entradas a este bloque son conjuntos difusos (grado de pertenencias) y las salidas por consiguiente también son conjuntos difusos, asociados a la variable de salida.

DESDIFUSOR: bloque en el cual a partir del conjunto obtenido en el mecanismo de inferencia y mediante los métodos matemáticos de desdifusión se obtiene un valor concreto o numérico de la variable de salida, es decir el resultado.

## **2.3 MEJORA DE PROCESOS**

La mejora basada en proceso consiste en la utilización de un modelo que guíe la mejora de procesos de una organización. Se entiende por proceso de software la secuencia de actividades que, cuando se ejecutan, producen como resultado un sistema de software [33], [34], [35].

La mejora de procesos nace a partir de los trabajos de la gestión de calidad de autores como Demming [33], Crosby [34] y Juran [35], y está dirigida al aumento de la capacidad de trabajo de los procesos. Si la capacidad de un proceso aumenta lo suficiente, este se convierte en predecible y, por lo tanto, medible, y las causas más significantes de mala calidad pueden ser eliminadas o controladas. El aumento de las capacitaciones de los procesos empleados dentro de una organización hace que esta se acerque más a su madurez. Conseguir altos niveles de madurez implica un fuerte compromiso por parte de la dirección de la organización y una visión estratégica a largo plazo, además de cambios en la manera de actuar y proceder en todos los niveles organizativos.

## **2.4 MÉTODOS Y ESTÁNDARES**

**Estándar ISO/IEC 29110:** proporciona una serie de guías y directrices definidas para mejorar el proceso de desarrollo de software de las organizaciones pequeñas o muy pequeñas, ayudándolas en la implementación de buenas prácticas para la obtención de beneficios como el incremento en la calidad del producto y el servicio, y la reducción en los tiempos de entrega y en costos de producción [36].

Entre las principales características de este estándar se pueden mencionar: (1) está compuesto por 4 perfiles (perfil de entrada, perfil básico, perfil intermedio y perfil avanzado) que pueden ser usados por las organizaciones pequeñas o muy pequeñas, de acuerdo con sus objetivos; (2) comprende dos categorías de procesos: el proceso de gestión de proyectos y el proceso de implementación de software; (3) puede ser utilizado independientemente del enfoque de desarrollo o metodología utilizado; y (4) proporciona un conjunto de elementos de proceso que facilitan su adopción como son objetivos, tareas, roles y productos de trabajo [36]. El perfil básico del estándar está compuesto por dos procesos: el proceso de Gestión de Proyectos (GP) y el proceso de Implementación de Software (IS).

**ISO/IEC 15504 (SPICE, *Software Process Improvement and Capability Etermination*):** permite adaptar la evaluación para procesos en pequeñas y medianas

empresas (PYMES) y grupos de desarrollo pequeños mediante la estructuración en seis niveles de madurez: Nivel 0 - Organización inmadura; Nivel1 - Organización básica; Nivel 2 - Organización gestionada; Nivel 3 - Organización establecida; Nivel 4 - Organización predecible y Nivel 5 - Organización optimizando. Su objetivo es llegar a que la Organización logre madurez a nivel de procesos bajo la filosofía de procesos definidos, responsabilidades definidas, predicción de resultados, productos entregados con calidad, con entregas en tiempos pactados, incremento de la productividad, clientes satisfechos y empleados felices [37], [38].

**CMMI (*Capability Maturity Model Integration*):** es de los modelos más utilizados en las empresas de desarrollo de software, y cuyo propósito es verificar el cumplimiento de estándares de calidad a partir de la medición con niveles de madurez. Este modelo se representa de dos maneras: (1) representación por etapas y (2) representación continua, donde la representación por etapas está dirigida al software y permite clasificar las organizaciones en cinco tipos de niveles establecidos: inicial, gestionado, definido, gestionado cuantitativamente y en optimización. Mientras que la representación continua se enfoca en el análisis de la capacidad de cada proceso inmerso en las áreas de la ingeniería de sistemas y lo clasifica en uno de los siguientes seis niveles: incompleto (0), ejecutado (1), gestionado (2), definido (3), cuantitativamente gestionado (4) y en optimización (5) [39], [38].

**Estándar ISO 21500** [40]: esta guía proporciona orientación sobre los conceptos y los procesos relacionados con la dirección y la gestión de proyectos que son importantes y tienen impacto en el desempeño de los proyectos. Este es un estándar para organizaciones y profesionales de alto rendimiento, formado por estructuras y procesos directivos que utilizan un vocabulario y un procedimiento internacional. Este estándar tiene treinta y nueve procesos definidos, aunque no establece técnicas y herramientas. Sin embargo, los conocimientos sobre la gestión de proyectos se basan en las buenas prácticas de estándares reconocidos, como PMBok (*Project Management Institute (PMI)*) [40], PRINCE2 (*PRojects IN Controlled Environments (PRINCE)*) [40], e IPMA (*International Project Management Association*) [40].

Los procesos que comprenden este estándar son: 1. Grupo de proceso de inicio; 2. Grupo de proceso de planificación; 3. Grupo de proceso de implementación; 4. Grupo de proceso de control; 5. Grupo de proceso de cierre. Los temas que se definen en este estándar son: 1. Integración, 2. Stakeholders, 3. Alcance, 4. Recursos, 5. Tiempo.

**PMI PMBOK:** la combinación entre grupo de procesos y áreas del conocimiento genera cuarenta y siete procesos que se agrupan en el estándar de PMI [40]. Este estándar maneja las relaciones entre portafolios, programas y proyectos y equilibra las restricciones. El grupo de procesos que se define en la estructura del estándar PMBoK es: 1. Proceso de inicio; 2. Proceso de planeación; 3. Proceso de ejecución; 4. Proceso de monitoreo y control; 5. Proceso de cierre.

Las áreas del conocimiento del PMBOK son: 1. Gestión de la integración del proyecto; 2. Gestión del alcance del proyecto; 3. Gestión del tiempo del proyecto; 4. Gestión de los costos del proyecto; 5. Gestión de la calidad del proyecto; 6. Gestión de los recursos humanos del proyecto; 7. Gestión de las comunicaciones del proyecto; 8. Gestión de los riesgos del proyecto; 9. Gestión de las adquisiciones del proyecto; 10. Gestión de los interesados del proyecto.

## 2.5 METODOLOGÍAS DE DESARROLLO ÁGIL

**Scrum:** es un marco de trabajo para gestión de proyectos muy difundido en equipos de desarrollo de software. Este marco de trabajo está indicado para proyectos que contienen un alto grado de cambios en sus requerimientos. Se caracteriza por la definición de *sprints*, que consiste en que cada una de las iteraciones del proceso tenga una duración máxima de 30 días. El resultado de cada *sprint* es un incremento que se puede entregar al cliente para probar y dar sus indicaciones. Otra característica relevante de Scrum son las reuniones diarias que se llevan a cabo con todos los integrantes del equipo, reuniones que no deben durar más de 15 minutos y que sirven para coordinación y control continuo del proyecto [41], [42]. Scrum se fundamenta en las siguientes características:

- Roles: *Product owner*: propietario del producto, *Scrum master*: coordinador del equipo, Equipo: desarrolladores del producto.
- Eventos: *Daily Meeting*, *Sprint*, *Sprint Planning*, *Sprint review*, *Sprint retrospective*.
- Artefacto: *Burndown*, *Increment*, *Product backlog*, *Sprint Backlog*

**Kanban:** consiste en un método visual especialmente diseñado para proyectos donde los requisitos cambian constantemente. Además, es aplicable para planificar y realizar estimaciones de trabajo. Se cuenta con una tabla de *kanban* o panel, donde se fijan las etapas de iteraciones desde el principio hasta el final del proyecto. Una característica relevante de este método es la importancia que le introduce a la medición del tiempo empleado en cada iteración [43], [42], como buena práctica de control del avance del proyecto o de las tareas que lo componen. Las reglas de Kanban son básicamente las siguientes:

- Regla 1: visualizar los estados
- Regla 2: limitar el trabajo en progreso
- Regla 3: medir los flujos de trabajo

**Lean Software:** es un método de mejora de procesos muy utilizado por los equipos de trabajo que se rigen por principios ágiles. Lean proviene del Sistema de Producción de Toyota, y el objetivo principal de este método es eliminar todos los desperdicios (*waste*), incluyendo como desperdicios a las actividades que no son necesarias para el proyecto o aquellas que retrasen la producción sin aportar valor. Lean no se podría considerar como

metodología en sí misma porque se trata de una serie de principios que se pueden integrar e implementar en los proyectos. En el caso del desarrollo de software, dichos principios han sido adaptados hacia las metodologías ágiles. Los principios de Lean para el desarrollo de software son los siguientes [42], [44]:

- Ver todo el conjunto
- Eliminar los desperdicios
- Constancia en el aprendizaje
- Decidir lo más tarde posible
- Reaccionar tan rápido como sea posible
- Potenciar el equipo
- Crear la integridad

**XP - Programación extrema:** su impulsor fue Kent Beck, uno de los firmantes y de los principales impulsores del manifiesto ágil. Consiste en una metodología centrada en la mejora de las relaciones interpersonales como clave para el éxito en desarrollo de software. XP busca promover el trabajo en equipo, el aprendizaje del equipo de desarrollo y mantener un buen clima de trabajo. Se basa en la retroalimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, la comunicación fluida, la simplicidad en las soluciones de problemas y el coraje para enfrentar los cambios. Las características esenciales de XP, son:

- Historias de Usuario: es una técnica para especificar los requisitos del software a través de escritos breves y concisos donde el cliente describe las características funcionales y no funcionales que debería tener el sistema [42].
- Roles: que se definen como parte de la metodología XP. Son: programador; cliente; encargado de pruebas (*tester*); encargado de seguimiento (*tracker*); entrenador (*coach*); consultor y gestor (*big boss*).

## **CAPÍTULO 3: REVISIÓN DE LITERATURA**

### **3.1 PROCESO DE REVISIÓN**

Con el objeto de responder a la pregunta de investigación, se desarrolla un proceso de la búsqueda de información utilizando fuentes que posean una rigurosidad académica reconocida; se decide para ello utilizar las bases de datos científicas IEEE y *Science Direct*. Adicionalmente, se agregó la información encontrada en *Google Scholar*.

El protocolo de revisión se definió desde 3 puntos de vista, para cada uno de las cuales se realizó un proceso de búsqueda, como se explica a continuación.

#### **3.1.1 Proceso de búsqueda 1**

En esta revisión se usó la cadena de búsqueda: (((MANAGEMENT) AND RISKS) AND AGILE). Tras aplicar la cadena de búsqueda en las respectivas bases de datos científicas, se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación:

- Google Scholar=130
- IEEE=234
- Science Direct=144

Para acotar la cantidad de resultados obtenidos se filtró la información aplicando los criterios de inclusión y exclusión presentados a continuación:

Criterios de inclusión:

- Contenido relevante con énfasis prácticos, métodos tradicionales en la gestión de riesgo en las metodologías ágiles.
- Rigurosidad: origen científico o académico en las fuentes.

Criterios de exclusión:

- Artículos con fecha igual o inferior a 2013.
- Estudios secundarios.
- Generalidades de la gestión de proyectos de manifiesto ágil.
- La gestión de riesgo aplicada a proyectos convencionales.

Con los criterios de búsqueda se seleccionaron 19 artículos que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Artículos y autores: artículos utilizados en la revisión de literatura.

<b>Art.</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>AUTOR</b>	<b>AÑO</b>
1	Propuesta de gestión de riesgos de proyectos software, desarrollados con la metodología Scrum	V. Johanna	2015
2	<i>Practical insight about risk management process in agile software projects in Norway</i>	Lubna Siddique, Bassam A. Hussein	2014
3	<i>Best Practices for Managing Risk in Adaptive Agile Process</i>	Sunil Kumar Khatri , Khushboo Bahri, Prashant Johri	2015
4	<i>Quantitative Planning and Risk Management of Agile Software Development</i>	Kamran Ghane, Anagira	2017
5	Risk Management in Agile Software Development: a Comparative Study	Aalaa Albadarneh, Israa Albadarneh, Abdallah Qusef	2015
6	An Alternative Approach for Risk Assessment in Scrum	Hycinta Andrat, Shree Jaswal	2016
7	<i>Risk Management in Agile Projects</i>	Alan Moran	2016
8	<i>Project risk management model based on prince 2 and Scrum Frameworks</i>	Martin Tomanek, Jan Juricek	2015
9	<i>Lightweight Risk Management in Agile projects</i>	Odzaly, E., Greer, D. Stewart, D	2014
10	<i>Lightweight Risk Management: The Development of Agile Risk Tool Agents</i>	Odzaly, E., Greer, D., Stewart, D.	2017
11	<i>Agile risk management using software agents</i>	Edzreena Edza Odzaly, Des Greer, Darryl Stewart	2017
12	<i>Risk Management in Agile Model</i>	Monika Singh, Ruhi Saxena	2014
13	<i>Risk Management Analysis in Software Projects which Use the Scrum Framework</i>	Breno Gontijo Tavares, Carlos Eduardo Sanches da Silva, Adler Diniz de Souza	2016
14	<i>Risk management analysis in Scrum software projects</i>	Breno Gontijo Tavares, Carlos Eduardo Sanches da Silvaa, Adler Diniz de Souza	2017
15	<i>Implementation of Risk Management with SCRUM to Achieve CMMI Requirements</i>	Eman Talal Alharbi, M. Rizwan Jameel Qureshi	2014
16	<i>Using risk management to balance agile methods: A study of the Scrum process</i>	Benjamin Gold, Clive Vassell	2016
17	<i>Managing risks in Norwegian Agile Software Projects: Project Managers´ perspective</i>	Lubna Siddique, Bassam A. Hussein	2016
18	<i>A user story quality measurement model for reducing agile software development risk</i>	Sen Tarnng Lai	2017
19	<i>Agile Quantitative Risk Analysis</i>	Susan Parente	2018

Estos 19 artículos determinan el estado actual del proceso de riesgos de las metodologías ágiles y presentan los trabajos e investigaciones y las prácticas utilizadas. Estos trabajos primarios se analizaron a partir de unos criterios de comparación como se describe en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de comparación: análisis de cada uno de los artículos

Criterios:	Artículos relacionados:																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>Herramientas</b>																			
Automatizada				x					X	X	X								
Estandarizada																			
Convencional	x		x		x	x	X	x				X			X			x	x
Recomendación		X											X	X		X	X		
Beneficio	x	X	x	x	x	x	X	x	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x
	<b>Artículos relacionados:</b>																		
<b>Tipo de método</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Manual	x	X	x		x	x	X	x				X	X	X	X	X	X	x	x
Automatizado				x					X	X	X								
	<b>Artículos relacionados:</b>																		
<b>Método clásico</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Tradicional		X	x			x	X		X	X	X		X	X	X	X		x	x
Cmmi	x			x											X				
Pmi- PMBOK					x							X					X		
Price2								x											
Otros	x			x															
	<b>Artículos relacionados:</b>																		
<b>Metodologías</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ágiles varias		X		x	x		X		X	X	X	X	X					x	x
Scrum	x	X	x			x		x			X		X	X	X	x	X		x
	<b>Artículos relacionados:</b>																		
<b>Prácticas clásicas en ágil</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Matriz de riesgo		X																X	
Estimación relativa		X																X	
Análisis FODA		X			x													X	
Gráfico de quemado		X																X	
Tabla de Riesgo de John Brothers												X							
Pirámide de riesgo							x												
Cinco pasos de Lant					x														
El proceso RM en Ágil					x														

### 3.1.2 Proceso de búsqueda 2

Este proceso de revisión se compone de varias temáticas que van desde la gestión de riesgo tradicional, pasando por la gestión de riesgo en metodologías ágiles, hasta llegar a la lógica difusa; por tal motivo, por cada temática se sacan una o dos cadenas de búsqueda.

Tras aplicar las cadenas de búsqueda en las respectivas bases de datos científicas, se acotaron la cantidad de resultados obtenidos y se filtró la información aplicando los siguientes criterios de inclusión y exclusión:



Criterios de inclusión:

- Contenido relevante con énfasis prácticos, métodos tradicionales en la gestión de riesgo en las metodologías ágiles y gestión de riesgo a través de lógica difusa.
- Rigurosidad: origen científico o académico en las fuentes.

Criterios de exclusión:

- Artículos con fecha igual o inferior a 2010.
- Estudios secundarios.
- Generalidades de la gestión de proyectos de manifiesto ágil.

Luego de aplicar los criterios previos se seleccionaron 47 artículos que se presentan en la Tabla 3. Los trabajos que en la tabla siguiente aparecen con NA (no aplica) son aquellos artículos que no están en bases de datos, pero son artículos referenciados que en su aporte importante complementan la solución propuesta.

Tabla 3. Artículos seleccionados: cadenas de búsquedas y bases de datos

Ítem	Cadenas de búsquedas	Total	Base de datos	Filtro 2014-2020
	Gestión y riesgos y ágil		<a href="https://scholar.google.com/">https://scholar.google.com/</a>	15.400
	Management and risks and agile		IEEE	234
Selección de estudios: 28		28	Estudios priorizados	14
	N/A		<a href="https://Scrummanager.net/files/historias_usuario_Scrum_manager.pdf">https://Scrummanager.net/files/historias_usuario_Scrum_manager.pdf</a>	N/A
	N/A		No <a href="https://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf">https://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf</a>	N/A
	Desarrollo de un sistema experto basado en lógica difusa		<a href="https://repository.urosario.edu.co/bitstream">https://repository.urosario.edu.co/bitstream</a>	80
2	Sistemas de Control con lógica fuzzy y gestión de riesgos		<a href="https://scholar.google.com/">https://scholar.google.com/</a>	15.700
Selección de estudios: 50		50	Estudios priorizados	14
Ítem	Cadenas de búsquedas	Título	Base de datos	Filtro año 2017 a 2020
1	Guía de utilización y metodología Delphi		<a href="https://scholar.google.com/">https://scholar.google.com/</a>	3.400
Selección de estudios: 20		20	Estudios priorizados	1

### 3.2 ANÁLISIS DE ESTUDIOS

Para organizar el estado del arte se realizó una priorización de estudios de acuerdo con el propósito y alcance del proyecto, los cuales se sintetizan en la Tabla 4.

Tabla 4. Artículos: priorización de los estudios.

Art.	TÍTULO	AUTOR	AÑO
<b>Gestión de riesgo en metodologías ágiles</b>			
1	Identificación y análisis de riesgos con metodología ágil Scrum, en la dirección de proyectos de pruebas de software en Bogotá, aplicado a la empresa Greensqa.	Sebastián Camilo Babativa Velásquez Andrés Mauricio Mora Catillo Álvaro Hernando Talero Niño Oscar Rodrigo Valencia Ardila	2017
2	Propuesta de gestión de riesgos de proyectos software, desarrollados con la metodología Scrum.	V. Johanna	2015
3	<i>Implementation of Risk Management with SCRUM to Achieve CMMI Requirements</i>	Eman Talal Alharbi, M. Rizwan Jameel Qureshi	2014
4	<i>Alternative Approach for Risk Assessment in Scrum</i>	Hycinta A; Shree J	2015
5	<i>Risk Management in Agile Model</i>	Monika Singh, Ruhi Saxena	2014
6	<i>Best Practices for Managing Risk in Adaptive Agile</i>	Sunil Kumar Khatri <sup>1</sup> , Khushboo Bahri <sup>2</sup> , Prashant Johri <sup>3</sup>	2015
7	<i>Risk Management in Agile Projects</i>		2014
8	<i>Project risk management model based on prince2 and Scrum Frameworks</i>	Martin Tomanek and Jan Juricek	2015
9	Información práctica sobre el proceso de gestión de riesgos en proyectos ágiles de software en Noruega.	Lubna Siddique, Bassam A. Hussein	2014
10	<i>Managing risks in Norwegian Agile Software Projects: Project Managers' perspective</i>	Lubna Siddique, Bassam A. Hussein	2016
<b>Inteligencia artificial y métodos ágiles</b>			
11	<i>Agile risk management using software agents</i>	Edzreena Edza Odzaly, Des Greer & Darryl Stewart	2017
12	<i>Lightweight Risk Management in Agile Projects</i>	Edzreena Edza Odzaly, Des Greer <sup>1</sup> , Darryl Stewart <sup>1</sup>	2014
13	<i>Lightweight Risk Management: The Development of Agile Risk Tool Agents</i>	Edzreena Edza Odzaly, Des Greer <sup>1</sup> , Darryl Stewart <sup>1</sup>	2017
14	<i>Historias de Usuario - Ingeniería de requisitos ágil v. 2.0</i>	Alexander Menzinsky, Gertrudis López y Juan Palacio	2018
15	<i>Risk Management in Agile Software Development: a Comparative Study</i>	Aalaa Albadarneh, Israa Albadarneh, Abdallah Qusef	2015

16	Propuesta de gestión de riesgos de proyectos software, desarrollados con la metodología Scrum (tipo tesis)	Ing. Johanna Alexandra Viteri Cárdenas	2015
<b>Lógica difusa teórica</b>			
17	Lógica difusa: una introducción práctica	Carlos González Morcillo	2011
18	Desarrollo de un Sistema Experto Basado en Logica Fuzzy para la Dosificación de Sevoflorane	Dr. Juan José Jaramillo Gutiérrez	2017
19	Sistemas de Control con Lógica Difusa: métodos de Mamdani y de Takagi-Sugeno-Kang (TSK)	Samuel Diciembre Sanahuja	2017
<b>Lógica difusa aplicacional seleccionados como modelo guía</b>			
20	Desarrollo de una herramienta basada en lógica difusa que soporta la planificación de la gestión de riesgos para proyectos de construcción, sometida a las pautas de dirección de proyectos PMI.	Anny Pauline Masmela Fuentes	2015
21	Definición de un modelo de medición de análisis de riesgos de la seguridad de la información aplicando lógica difusa y sistemas basados en el conocimiento.	A.A. Angarita, C.A. Tabares y J.I. Ríos	2015
22	Software de aplicación web basado en lógica difusa para mejorar la evaluación de riesgos en tecnologías de información, en la oficina de tecnología de información y comunicaciones de la Universidad Nacional del Santa.	Bach. en Ing. VELÁSQUEZ RUIZ JOSÉ MARTÍN	2016
23	Utilización de la lógica difusa en la estimación del riesgo en proyectos.	Antonio Rodríguez-Suárez	2009
24	Apreciación de Riesgos en la licitación de proyectos de diseño y construcción de vehículos ferroviarios.	Javier Gallardo Forés; José Luis Fuentes BARGUES; M <sup>a</sup> Carmen González Cruz	2017
<b>Lógica difusa aplicacional seleccionados como apoyo</b>			
25	Evaluación análisis riesgo cualitativo crédito empresarial mediante lógica difusa.	Olga Mijangos, Francisco Valdés y Marco Linares	2015
26	Evaluación del impacto de la capacitación con lógica difusa.	Renier Esquivel García, Gerardo Félix Benjamín, Rafael Bello Pérez <sup>2</sup>	2014
27	Metodología multicriterio para la selección de proveedores bajo consideraciones de riesgo.	C. A. Parra-Calderón J. C. Osorio-Gómez J.C. Escandón-López	2019
28	La lógica difusa en la modelización del riesgo operacional. Una solución desde la inteligencia artificial en la banca cubana.	Alejandro Cruz Martínez, I Adelfa D. Alarcón Armenteros II	2017
<b>Lógica difusa aplicacional como alternativas de trabajo</b>			
29	La lógica difusa para la evaluación del riesgo de seguridad informática a bases de datos	Yasser Azan Basallo, Natalia Martínez	2017

30	El riesgo de seguridad de la información en gestores de bases de datos basado en números difusos trapezoidales.	Yasser Azán-Basallo <sup>1</sup> , Natalia Martínez Sánchez <sup>2</sup> , Vivian Estrada Senti <sup>3</sup>	2017
31	Evaluación de índice de consecuencia de la falla final de un transformador de potencia usando lógica difusa basada en criterio experto.	Christian Adrián Farfán Minchala Diego Mauricio Marin Zúñiga	2017
32	Guía para la utilización de la metodología Delphi en las etapas de comprobación de productos terminados tipo software educativo.	Frank Hernández García <sup>1</sup> ◇, José Ignacio Robaina Castillo <sup>2</sup>	2017

El análisis se realizó desde los tres puntos de vista conceptuales: gestión de riesgos, metodologías ágiles y lógica difusa. Para cada uno de ellos se definen unos criterios que se relacionan con los aspectos identificados en el trabajo (filas) y el número del artículo relacionado (columnas). La síntesis del análisis de criterios se presenta en la Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10.

Tabla 5. Artículos relacionados: comparación de artículos en análisis de gestión de riesgos (desde la tabla 5 a la tabla 10).

Criterios de análisis de gestión de riesgo	Artículos relacionados																
	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Product Backlog		X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X
Planificación del Sprint Backlog												X	X	X			X
Reuniones periódicas		X		X	X		X	X	X			X	X	X			
Lluvia de ideas		X				X			X	X	X				X		
Matriz de estructura de riesgo (RSM)					X												
Modelo de red de riesgo					X										X		
Matriz de riesgo									X	X	X					X	
Tabla Kanban modificada por riesgo								X									
Identificación y análisis de riesgos						X			X							X	
Probabilidad									X	X	X					X	
Impacto									X	X	X					X	
Análisis Foda									X	X	X					X	
Ejecutar Sprint												X	X	X			X

Tabla 6. Artículos relacionados: análisis de estudios en metodologías ágiles.

Criterios de priorización del riesgo	Artículos relacionados																
	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Historias de usuarios															X		
Tareas																	
Estimaciones relativas									X	X	X				X	X	
Juicio de experto															X		
Valoración cualitativa				X											X		
Calificación de riesgo con <i>planning poker</i>		X													X	X	
Baraja de carta serie de Fibonacci															X		
Baraja de carta tallas de camisa															X		
Prioridad															X		
Valor															X		
Velocidad del equipo															X		
Priorización de riesgos en pilas de riesgos		X															
Exposición al riesgo								X	X			X	X	X			

Tabla 7. Artículos relacionados: análisis de trabajos en gestión de riesgos.

Criterios:	Artículos relacionados:																
	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Planificación del riesgo</b>																	
Mapa de historia de usuario modificado por riesgo								X									
• Evitar											X					X	
• Transferir											X					X	
• Mitigar											X					X	
• Explotar											X					X	
• Mejorar											X					X	
<b>Acciones de mitigación</b>									X	X							
• Revaluación de la pila de gestión de riesgo		X									X						
• Mecanismo de salvaguarda			X														

• Gráfico de quemado				X				X	X	X	X						X	
• Aplicar respuesta					X	X		X	X		X	X	X	X			X	
• Riesgo residual aprobado				X				X	X	X								
• Revisión de <i>sprint</i>						X	X		X		X							
• Retrospectiva del riesgo		X				X	X		X		X							
• Gestión de riesgos en reuniones						X			X									
<b>Monitoreo</b>																		
• Monitoreo					X					X	X							
• Crear documentación requerida						X												

Tabla 8. Artículos relacionados: análisis de estudios en gestión de riesgos con la técnica de lógica difusa.

Criterios:	FILA:		Artículos relacionados:															
	X	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
<b>Plan de gestión de riesgo</b>					X													
• Experto a evaluar					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
• Categoría de riesgo					X			X	X	X	X	X	X			X		
• Criterios de evaluación					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
• Método de evaluación					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<b>IDENTIFICACIÓN DE RIESGO</b>																		
• Registro de riesgo					X			X	X					X				
• Mapa de riesgo					X													
• Amenazas						X	X											
• Vulnerabilidad						X	X											
• Impacto					X	X	X		X									
• Probabilidad					X	X	X		X									
• Nivel de riesgo					X	X	X		X					X				
• Riesgo						X	X	X	X			X						
• Contramedidas o salvaguardas					X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		
• Delfi															X	X	X	

Tabla 9. Artículos relacionados: análisis de estudios en lógica difusa.

Criterios:	FIL		Artículos relacionados:															
	A:	x	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
<b>Análisis cualitativo</b>																		
• Estructura de desglose de riesgo						X												
• Matriz de comparación de riesgo						X												
• Sistema difuso para priorizar los riesgos						X			X	X						X		
• Función de membresía									X	X						X		
• Variable de entrada									X	X						X		
• Variable de salida									X	X						X		
• Conjuntos difusos						X			X	X						X		
• Fusificación																		
• Defusificación									X	X						X		
• Listado de riesgos priorizados						X			X	X								
<b>Método</b>																		
• <i>Fuzzy lippera</i>																		
• <i>Fuzzy ahp</i>									X									
• Mandani									X									
• Mandani		X	X	X	X	X			X	X	X	X		X		X	X	

Tabla 10. Artículos relacionados: criterios de comparación de artículos.

Criterios de análisis cuantitativo de los riesgos:	FILA:		Artículos relacionados:														
	X	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
• Sistema difuso para obtener magnitud total de los riesgos					X	X	X		X	X	X		X	X		X	
• Funciones de membresía		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X		X	
• Conjuntos difusos		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X		X	
• Variables de entrada					X	X	X		X	X	X		X	X		X	
• Variables de salida					X	X	X		X	X	X		X	X		X	
• Fusificación		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X		X	
• Reglas difusas		X	X	X	X	X	X			X	X		X			X	

• Cálculo con operaciones difusas	X	X	X					X									
• Defusificación	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X			X	
• Análisis de riesgo de mayor oportunidad o amenazas				X													
• Matriz de administración de los riesgos				X	X	X		X									
• Método Mandani	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X			X	
<b>Implementación</b>																	
• Matlab				X		X						X					
• Vista				X		X						X					
<b>Sistema difuso para evaluar</b>																	
• Tipo Mandani	X			X	X	X			X			X	X	X			
• Tecnología, herramienta de implantación						X											
• Visual Basic vs Excel				X													
• Php, Ajas, Mysql, Matlab						X											
• Matlab					X	X			X								
• Aplicación																X	
• AHP software Super Decisions									X								
• Manual NR									X								
• Realiza un caso de estudio de Validación	X			X	X	X	X	X	X			X		X			

### 3.3 RESULTADOS DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

A continuación, se presenta la síntesis de la comparación realizada sobre los estudios primarios a la luz de los criterios presentados en las tablas previas.

- **Herramientas:** en un 52,6% las herramientas son de tipo convencional, es decir, una estrategia documentada, un 26,4% es de recomendación, y tan solo un 21% son de herramientas no convencionales.
- **Tipos de métodos:** los trabajos propuestos se caracterizan por reportar métodos manuales en un 79% y métodos automatizados en un 21%. Los automatizados se discriminan en técnicas de agentes en un 75% y métricas en un 25%.
- **Método clásico:** el método clásico más utilizado en los trabajos de investigación es PMI- PMBOK y CMMI con 15,5%. Los menos usados son Prince2. También se encontraron otros métodos como Magerit, AS/NZ 4360:1999, SPIC, ISO, ISO / IEC 15504 con 5.2%



Se encuentra que la metodología ágil más usada en desarrollo de software es Scrum, según la distribución de porcentajes que se presenta en la Ilustración 3. Metodologías Ágiles: metodologías más usadas. [48].

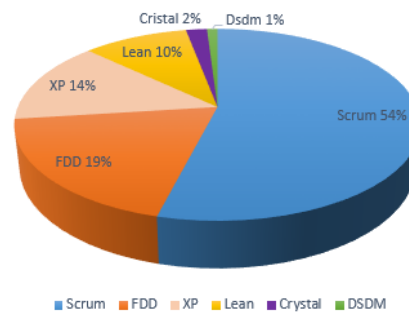


Ilustración 3. Metodologías Ágiles: metodologías más usadas.

- **Metodologías:** de igual manera, la metodología más utilizada en los trabajos de investigación propuestos es Scrum con un 63%, y un 37% para otras metodologías ágiles; las otras metodologías no registran trabajos individualmente, como se muestra en la Tabla 2 de criterios de comparación.
- **Prácticas clásicas en ágiles:** las prácticas clásicas más implementadas en las metodologías ágiles son: matriz de riesgo, estimación relativa, análisis FODA y gráfico de quemado, con un 10.5%. También aparecen con un 5,2% las siguientes prácticas clásicas: la tabla de riesgo de John Brothers, difundida por Michael Cohen; la pirámide de riesgo y cinco pasos de Michel Lant [30]. Así también, aparece el proceso RM en Ágil, que permite explicar cómo es la gestión de riesgos de métodos tradicionales adaptados a las metodologías ágiles, una práctica manual que se desarrolla a través de 6 pasos.
- **Metodologías con enfoques de gestión de riesgos:** el 10,5% de los trabajos menciona a Método de Desarrollo de Sistemas Dinámicos (DSMD) como la única metodología ágil con enfoque de gestión de riesgo y 5.2% reconoce a AgilePM.
- **Validación de propuesta:** los métodos para la validación de las propuestas tan solo cuentan con 10,5%, discriminado en caso de estudio y encuestas.

En conclusión, con respecto a los hallazgos se encuentra que la gestión de riesgos en proyectos ágiles, en términos generales, carece de una intervención de mejora de procesos formal adaptativa que vaya más allá de ser una estrategia para mitigar riesgos y facilite su gestión.

No se encuentra un método de gestión de riesgos estandarizado y, como se demuestra en esta investigación, diversos trabajos ratifican la necesidad de mejorar el proceso. De igual manera, se observa que se puede llevar a cabo la identificación de los ítems de Scrum o de las metodologías ágiles que más contribuyen a la gestión de riesgos [49]. Las prácticas tradicionales que se encuentran en las metodologías ágiles carecen de una adaptación formal, generando un choque de trenes entre los métodos, que demanda burocracia y demasiada documentación alejándose de los principios del manifiesto ágil.

La gestión de riesgos tiende a convertirse en una gran herramienta para el desarrollo de software ágil, para sacar grandes ventajas, y así evitar los fracasos de los proyectos al poder mitigar los riesgos adecuadamente.

Es importante anotar que en la revisión de literatura no se encontraron artículos con soluciones de gestión de riesgo en las metodologías ágiles. Sin embargo, se evidenciaron investigaciones de gestión de riesgo con lógica difusa en los métodos tradicionales, pero fueron descartados por no tratar el tema de las metodologías ágiles, aunque serán tenidos en cuenta como materia insumo para la implementación.

## **CAPÍTULO 4: FUNDAMENTOS DE LA PROPUESTA**

En esta sección se describen los elementos (técnicas, modelos, herramientas) extraídos desde la revisión de literatura y que se han tomado como fundamentos para la construcción de la propuesta de este trabajo. Este análisis se enfoca en la importancia y justificación de elementos identificados en los artículos revisados, relacionados con la solución del problema propuesto, es decir, que cada referente se toma desde un artículo porque permite aportar ideas para que esta investigación se lleve a cabo con éxito aun que son cinco los modelos seleccionados se toman otro artículo también como apoyos referentes.

Inicialmente, se buscó un modelo guía a seguir, que al implementarse tenga el menor esfuerzo humano del equipo evaluador de expertos, porque no siempre lo más complejo es lo más estratégico o inteligente, pues a mayor sencillez mayor será la destreza y fluidez aplicadas para alcanzar el éxito. Es por ello que se seleccionaron del estado del arte cinco estudios que pudieran ser aptos para el desarrollo de la propuesta. El seleccionado para el desarrollo de la técnica es el más complejo en el sentido en que su metodología de implementación requiere mucho el apoyo del equipo evaluador, a pesar de que en todos se requiere, pero unos con mayor esfuerzo que otros.

En términos generales, se busca una herramienta para la gestión de riesgos aplicando lógica difusa que tenga en cuenta: 1) el conocimiento del equipo evaluador de expertos, o 2) que el conocimiento que sea necesario pueda ser extraído de la literatura, debido a que se requiere definir variables lingüísticas, conjuntos difusos, solapamiento, definición de las funciones de membresía y la definición de la inferencia difusa, en caso de que se requiera un motor de inferencia difusa en el sentido de que este se puede suplir tranquilamente por cálculos difusos y se logre en el diseño una mayor facilidad alcanzando un gran funcionamiento. Uno de los cinco artículos seleccionados como modelo guía no usa reglas difusas y permite desarrollar análisis cualitativo a través de Fuzzy Ahp, y el análisis cuantitativo a nivel de riesgo se logra con cálculo matemático difuso para después llegar a la defusificación de la variable. Además, en la implementación de la herramienta algunos estudios requieren de mayor esfuerzo en el equipo evaluador. Y como la filosofía de las metodologías ágiles es disminuir el esfuerzo hasta su mínima expresión, es por ello que se debería tener en cuenta el menor esfuerzo en el equipo evaluador.

En esta revisión de estudios se encontró que, de cinco estudios seleccionados como modelo guía para desarrollar este proyecto, se estima que tres de los estudios tienen una técnica para priorizar los riesgos del análisis cualitativo, y cuatro de los estudios se enfocan en el nivel del riesgo del análisis cuantitativo; así, un estudio es enfocado sólo al análisis cualitativo de la priorización de los riesgos. Las técnicas encontradas para la priorización de riesgo son las siguientes, siendo las primeras con un menor esfuerzo del equipo evaluador y la última con un mayor esfuerzo, como se explicó antes:

- Matriz de probabilidad por impacto
- Definición por expertos de rangos cualitativos de los valores numéricos de las variables
- *Planning poker*
- AHP difuso
- Método de agente a través del entorno del proyecto
- Técnica de semejanza con números difusos trapezoidales
- *Fuzzy Linprera* con equipo evaluador
- Técnica de lógica difusa (la aplicada)

De todas estas técnicas de priorización se identifican como las más adecuadas la *Fuzzy Ahp* o la manual de la matriz de riesgo de probabilidad por impacto, también la *planning poker* o, en última instancia, la de *Fuzzy Linprera*.

La técnica de **lógica difusa** fue seleccionada entonces como modelo guía en una primera instancia para el diseño de la gestión de riesgos con lógica difusa, y para poder llevar a cabo la construcción de la herramienta que permita darle solución a la problemática inicial de la investigación fue seleccionada la *fuzzy linprera*. Esta técnica requiere un equipo evaluador para priorizar los riesgos del análisis cualitativo, para definir las variables de entradas, que son números difusos trapezoidales por entrada de cada variable, y para luego seleccionar un valor dentro de la fusificación como entrada real final. Esta fue la razón para seleccionar dicha técnica como modelo guía porque en la implementación de la herramienta como tal se requiere del equipo evaluador de expertos con mayor esfuerzo para la priorización de los riesgos del análisis cualitativo y la evaluación de las variables de entradas, más que en los otros cuatro estudios seleccionados; además, se podía adaptar esta parte del proceso de los valores de entrada de los otros estudios por mayor facilidad, para un mayor acoplamiento a las metodologías ágiles, con respecto al esfuerzo humano, haciendo propio el uso de la filosofía de los métodos ágiles.

Se concluye entonces que esta técnica es la más completa en el sentido de que, aunque la gestión de riesgos se compone por lo generar de cinco etapas, básicamente la gestión se simplifica en dos: la gestión de riesgos cualitativa, que comprende la priorización de los riesgos en una primera etapa, y la gestión de riesgo cuantitativa, que consiste en determinar el nivel del riesgo como resultado final.

A continuación, se relacionan los seis artículos que pueden conducir a un resultado:

#### **4.1 FUNDAMENTOS A PARTIR DE LOS TRABAJOS PRIORIZADOS**

##### **Fundamentos de Trabajo 1 (artículo 19 de Tabla 4):**

El presente trabajo de investigación se compone de dos etapas, así: se utiliza para priorizar los riesgos el enfoque *fuzzy linprera* (método de relación de preferencias

lingüísticas), que permite comparar criterios o riesgos mediante etiquetas lingüísticas, para, al final, mediante operaciones de conjuntos difusos, generar una priorización de los riesgos, y una vez priorizado se aplica un sistema difuso para determinar el nivel del riesgo a través del método Mandani.

La parametrización básica se describe en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.** y se complementa en la Ilustración 4.

Tabla 11. Etiquetas lingüísticas para la priorización de riesgos [55].

Etiquetas Lingüística	Numero difuso triangular
Absolutamente importante (AB)	(0.90,1.00,1.00)
Muy fuertemente importante (VS)	(0.70,0.80,0.90)
Esencialmente importante (ES)	(0.60,0.70,0.80)
Debidamente importante (WK)	(0.50,0.60,0.70)
Igualmente importante (EQ)	(0.40,0.50,0.60)
Debidamente no importante (WN)	0.20,0.30,0.40)
Muy fuertemente no importante (VN)	(0.10,0.20,0.30)
Absolutamente no importante (AN)	(0.00,0.00,0.10)

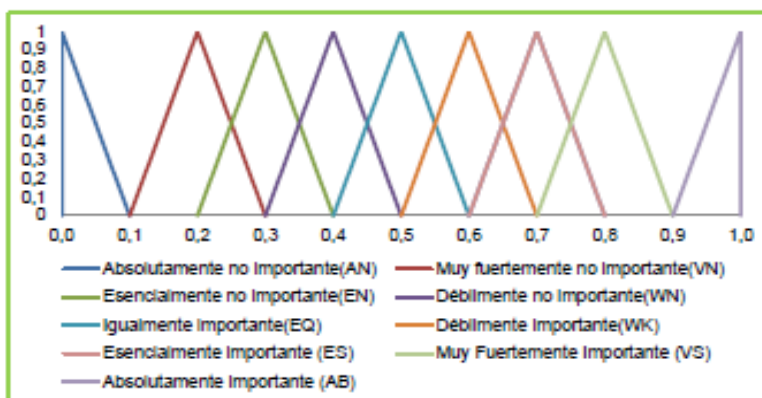


Ilustración 4. Función de membresía: etiquetas lingüísticas [55].

Tabla 11. Etiquetas lingüísticas de probabilidad de riesgo [55].

Probabilidad de riesgo	Descripción	Numero difuso triangular
Muy bajo (VL)	Muy poco probable que suceda (0-10%)	(0,0,2.5)
Bajo(L)	Ocurrencia es poco probable (11-30%)	(0,2.5,5)
Medio(M)	Probable que ocurra (31-60%)	(2.5,5,7.5)
Alto(H)	Muy probable que ocurra (61-90%)	(5,7.5,10)
Muy alto	Ocurrencia es casi inevitable (90-100%)	(7.5,10,10)

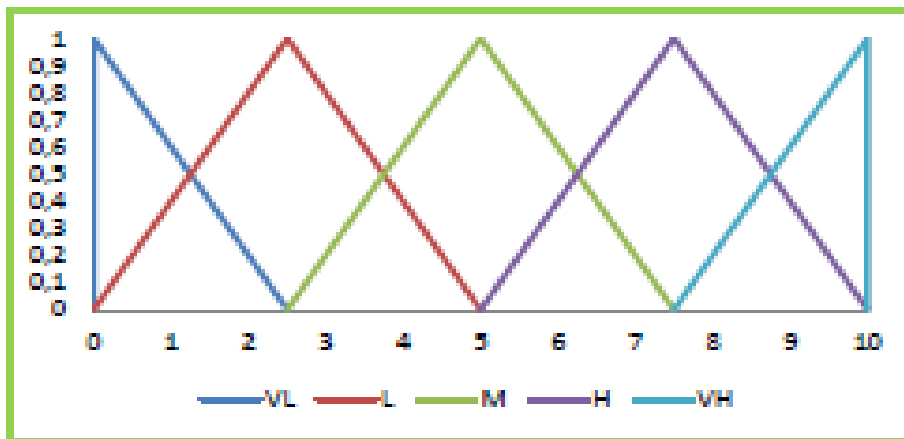


Ilustración 5. Funciones de membresía de probabilidad de riesgo [55].

Tabla 13. Etiquetas lingüísticas de gravedad del riesgo. [55].

Gravedad del riesgo	Descripción	Numero difuso triangular
Muy bajo (VL)	Nada de retrasos o retrasos entre 5 días	(0,0,2.5)
Bajo(L)	Leve retraso entre 6-12 días	(0,2.5,5)
Medio(M)	Retraso moderado entre 13-21 días	(2.5,5,7.5)
Alto(H)	Retraso considerable entre 3-5 semanas	(5,7.5,10)
Muy alto(VH)	Retraso serio en más de 5 semanas	(7.5,10,10)

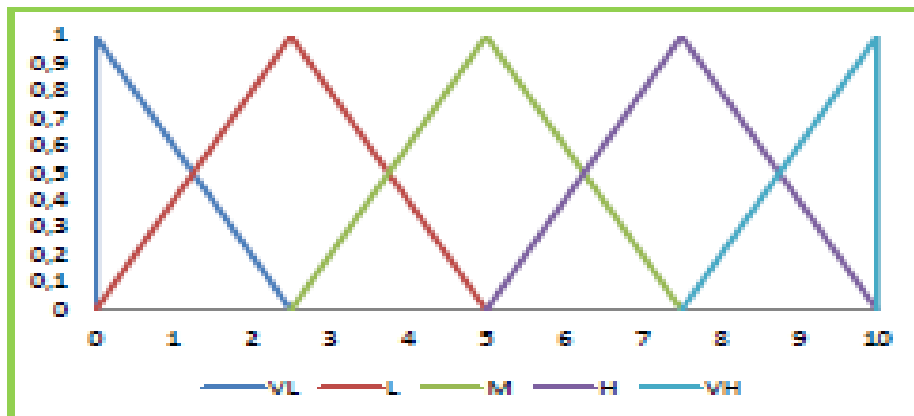


Ilustración 6. Funciones de membresía de probabilidad de riesgo [55].

Tabla 12. Etiquetas lingüísticas de consecuencia económica

Gravedad del riesgo	Descripción	Numero difuso triangular
Marginal (VL)	<US10.000(marginal)	(0,0,2.5)
Importante (L)	US10.000-100.00(importante)	(0,2.5,5)
Severo (M)	US100.000-10million (Severo)	(2.5,5,7.5)
Grave (H)	US1million-10million (Grave)	(5,7.5,10)
Catastrófica (VH)	>US10millones (catastrófica)	(7.5,10,10)

Etiquetas lingüísticas de la consecuencia económica [55].

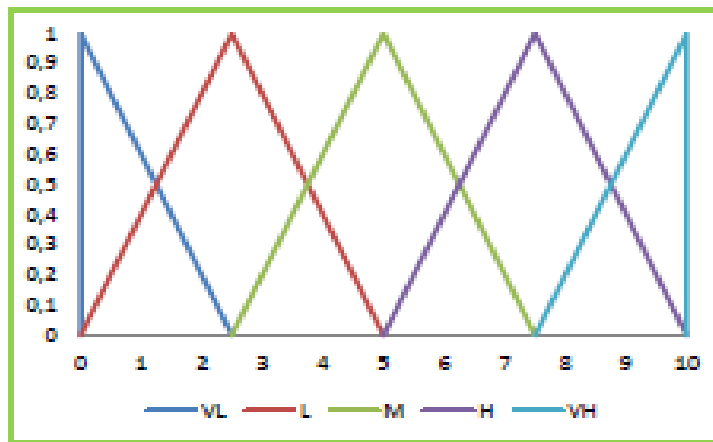


Ilustración 7. Funciones de membresía de consecuencia económica [55].

Tabla 15. Etiquetas lingüísticas de magnitud del riesgo [55].

Magnitud riesgo	Descripción	Numero difuso
Negligente(N)	Riesgo Aceptable	(0,0,1,3)
Menor (MI)	El riesgo es tolerable. Control de riesgo debe ser emprendido si es rentable hacerlo.	(1,3,4,6)
Mayor (Ma)	El riesgo debe reducirse si es razonablemente	(4,6,7,9)
Critico(c)	El riesgo debe ser reducido, salvo en circunstancias excepcionales	(7,9,10,10)

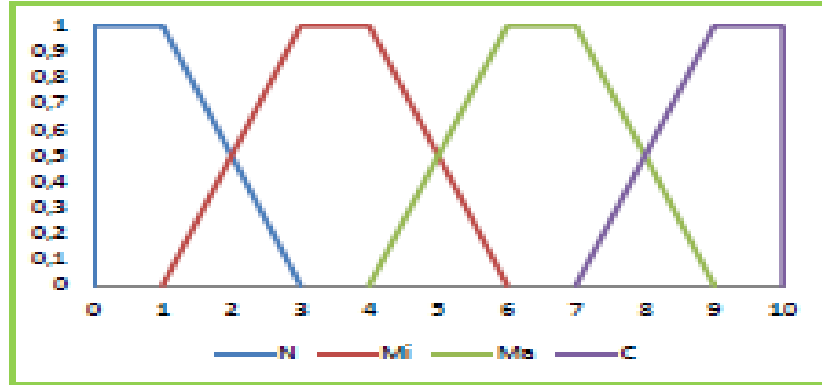


Ilustración 8. Funciones membresía de magnitud del riesgo [55].

Tabla 13. Reglas difusas que procesa el motor del análisis cuantitativo.

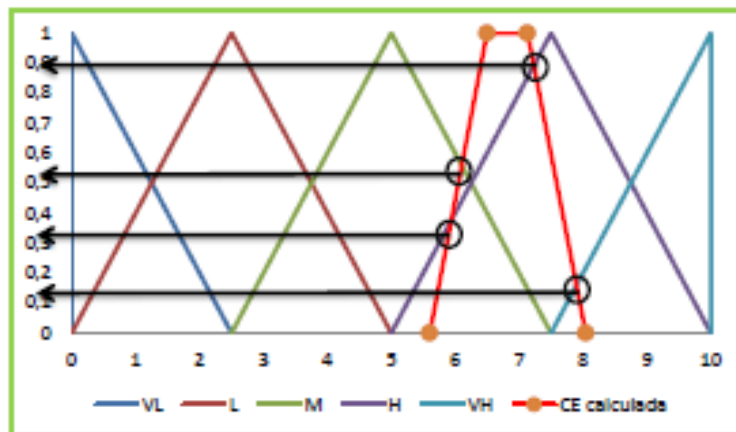
Consecuencia económica	Gravedad del riesgo	Probabilidad del riesgo						
		VL(MB)	L(B)	M(M)	H(A)	VH(A)		
Marginal (VL)	VH	Mi	Mi	Ma	C	C		
	H	N	Mi	Mi	Ma	C		
	M	N	N	Mi	Mi	Ma		
	L	N	N	N	Mi	Mi		
	VL	N	N	N	N	Mi		
Consecuencia económica	Gravedad del riesgo	Probabilidad del riesgo						
		VL(MB)	L(B)	M(M)	H(A)	VH(A)		
		Importante(L)	VH	Mi	Mi	Ma	C	C
			H	N	N	Ma	C	C
			M	N	N	Mi	Ma	C
L	N		N	Mi	Mi	Ma		
VL	N	N	N	Mi	Mi			
Consecuencia económica	Gravedad del riesgo	Probabilidad del riesgo						
		VL(MB)	L(B)	M(M)	H(A)	VH(A)		
		Severo(M)	VH	Mi	Mi	Ma	C	C
			H	Mi	Mi	Ma	C	C
			M	N	Mi	Ma	Ma	C
L	N		Mi	Ma	Ma	Ma		
VL	N	N	Mi	Ma	Ma			
Consecuencia económica	Gravedad del riesgo	Probabilidad del riesgo						
		VL(MB)	L(B)	M(M)	H(A)	VH(A)		
		Grave(H)	VH	Mi	Ma	Ma	C	C
			H	Mi	Ma	Ma	C	C
			M	Mi	Ma	Ma	C	C
L	N		Mi	Ma	Ma	C		
VL	N	N	Ma	Ma	Ma			



Consecuencia económica	Gravedad del riesgo	Probabilidad del riesgo				
		VL(MB)	L(B)	M(M)	H(A)	VH(A)
Catastrófica (VH)	VH	Mi	Ma	C	C	C
	H	MI	Ma	C	C	C
	M	Mi	Ma	Ma	C	C
	L	Mi	Mi	Ma	Ma	C
	VL	N	Mi	Ma	Ma	C

Reglas difusas que procesa el motor del análisis cuantitativo [55].

Inferencia difusa para seleccionar el valor más alto como variable de entrada del número difuso trapezoidal de las variables de entradas. (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**)



**iError! No se encuentra el origen de la referencia..** Inferencia difusa: selección del valor más alto [55].

### Fundamentos de Trabajo 2 (artículo 21 de Tabla 4):

Este artículo aporta gran conocimiento a la gestión de riesgos en la seguridad de la información, relacionado con la pérdida de activos en caso de que una amenaza sea vulnerada; además, es una práctica trivial y completa con plataforma que modela formularios desarrollados en la plataforma de Matlab y Fuzzy Logic. En ese orden, el esfuerzo por parte del equipo evaluador es menos, comparado con el modelo que se ha venido desarrollando la técnica, y, en ese sentido, como se trata de gestión de riesgos en metodologías ágiles, se debe evitar al máximo el esfuerzo humano en los expertos.

En la Tabla 17 se describe la implementación del modelo en su orden por etapas:

Tabla 14. Etapas de implementación modelo del modelo.

Etapa 1	Etapa 2

Definición de variables lingüísticas	Definición de la base de conocimiento y las reglas de inferencia
Definición de función de pertenencia	
Definición de escala en universo de discurso	
<b>Etapa 4</b>	<b>Etapa 3</b>
Evaluación y análisis de resultado	Definición de la herramienta de modelado
Conclusiones y recomendaciones	Diseño y construcción de prototipo para el modelo difuso
	Simulación del modelado

Las entradas del sistema son los valores asumidos para las diferentes probabilidades de que las amenazas se puedan materializar para un activo de información en particular; así mismo, el impacto que se puede generar en el momento en que se materialice alguna de las amenazas.

Las variables lingüísticas de entradas definidas para el prototipo son:

- Daño Físico: DF
- Compromiso de la Información: CI
- Fallas Técnicas: FT
- Acciones No Autorizadas: ANA
- Impacto: I

Las variables lingüísticas y los conjuntos difusos se presentan en la Tabla 18): Valoración de la Probabilidad: conjuntos difusos utilizados en la variable de probabilidad.

Tabla 98. Valoración de la probabilidad: conjuntos difusos utilizados en la variable de probabilidad.

<b>Orden</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
1	Insuficiente (I)	No existen condiciones que impliquen que el hecho se presente.
2	Baja (B)	Existen condiciones que hacen muy lejana la posibilidad de que el hecho se presente.
3	Medicina (M)	Existen condiciones que hacen poco probable un hecho en el corto plazo pero que no son suficientes para evitarlo en el largo plazo
4	Alta (A)	La realización del hecho es inminente. No existen condiciones internas y externas que impidan el desarrollo

La Valoración del impacto se presenta en la Tabla 19 y la valoración del nivel de riesgo en la Tabla 20.

Tabla 10. Valoración del impacto: conjuntos difusos utilizados en la variable de impacto.

Orden	Valor	Descripción
1	Insuficiente (I)	No causa ningún tipo de impacto o daño al Área o la organización
2	Bajo (B)	Causa daño aislado, que no perjudica a ningún componente del Área o de la Organización
3	Mediano (M)	Provoca la descripción de un componente del área o de la organización. Si no se entiende a tiempo, a largo plazo puede provocar la desarticulación de la organización
4	Alto (A)	En el corto plazo desmoviliza o desmoviliza a la organización

- Valoración del Nivel de Riesgo (NR)

Tabla 20. Valoración del nivel de riesgo: conjuntos difusos utilizados en la variable de salida.

Valor	Descripción
Alto (A)	Se requiere de acciones inmediatas.
Medio (M)	Se requiere de acciones a mediano plazo
Bajo (B)	Se requiere de acciones a largo plazo

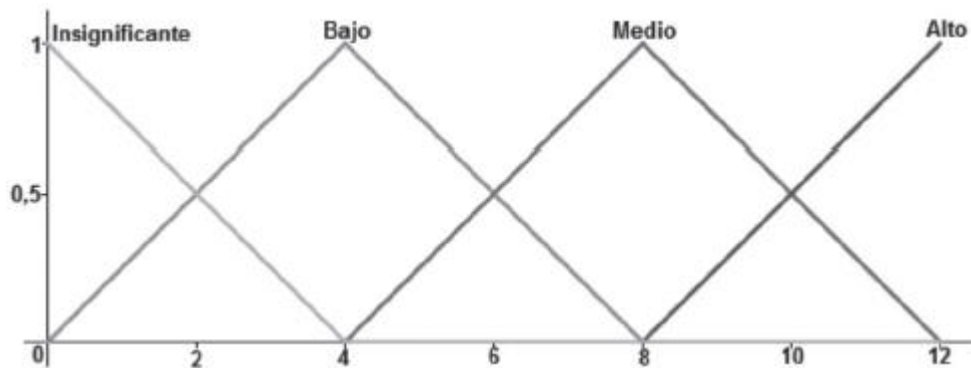


Ilustración 11. Función de pertenencia: variables de entrada que utiliza el modelo

- Función de pertenencia de las etiquetas lingüísticas de las variables de entradas del modelo. Se presenta en la Ilustración 11.

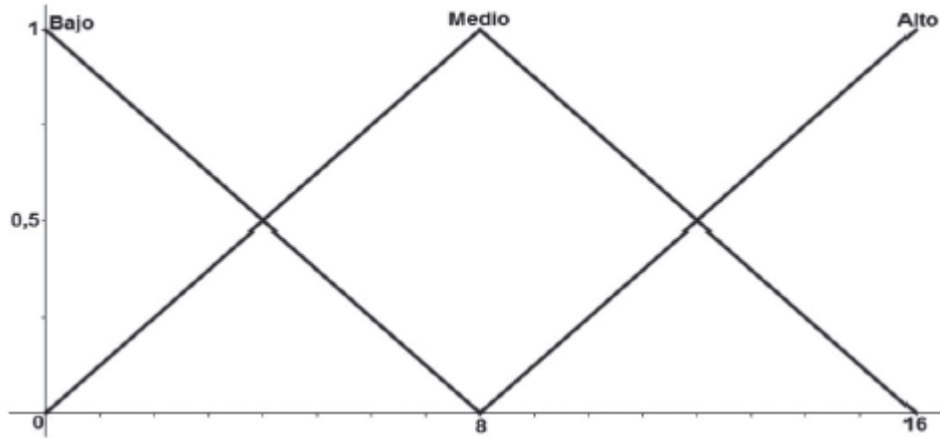


Ilustración 11. Variable de salida: conjuntos difusos utilizados en la variable de salida.

- Función de pertenencia y universo del discurso (ver Tabla 21).

Tabla 2115. Parámetros del modelo: función de pertenencia y universo del discurso del modelo.

Orden	Descripción	Valor	Variables
1	Función de pertenencia	Triangular	
2	Universo del discurso	0 a 12	Entrada
2	Universo del discurso	0 a 16	Salida

- Modelo representación de las variables lingüísticas y los procesos que se realizan en el prototipo, como aparece en la ilustración 12.

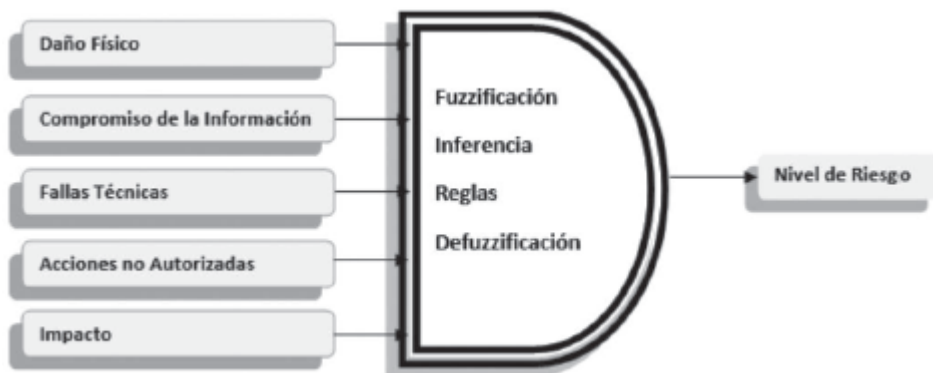


Ilustración 12. Representación del modelo: procesos que se utilizan en el prototipo.

Las variables de entrada provienen del número de amenazas que se pueden presentar sobre un activo de información, así como del impacto que se genera si dichas amenazas se materializan. Estos valores son los que entrarán en el proceso del motor de lógica

difusa, para así arrojar un resultado numérico, el cual posicionará el nivel de riesgo de seguridad en el que se encuentra el activo de información en un rango contemplado y le dará la calificación de alto, medio o bajo, según sea considerado.

Para los valores de la variable de entrada se toma el activo de Información, se efectúa la calificación de expertos acorde con los datos que se deben ingresar al prototipo, y la valoración de amenazas o el valor del dato para el activo de Información se toma de acuerdo con la calificación de la probabilidad de que una amenaza pueda ocurrir y el valor del impacto que esta amenaza generaría en caso de materializarse, la cual debe estar dentro del rango del universo del discurso, que en este caso es de 0 a 12.

### Fundamentos de Trabajo 3 (artículo 22 de Tabla 4):

Este tercer artículo que se relaciona le da solución a la problemática planteada y es aún más sencillo que el segundo porque usa menos variables de entrada, pero son bases complementarias porque las temáticas son similares.

- Modelamiento matemático.

Se tendrá en cuenta las funciones de pertenencia recomendada en la teoría de lógica difusa, tanto para las variables difusas de entrada como de salida para el modelo difuso.

- Variable de entrada.

Se seleccionó la función de pertenencia tipo triangular para las variables de impacto y probabilidad con solapamiento equidistantes. A continuación, se muestra el modelo para estas variables en la Ilustración 13, 14, 15, 16 y 17.

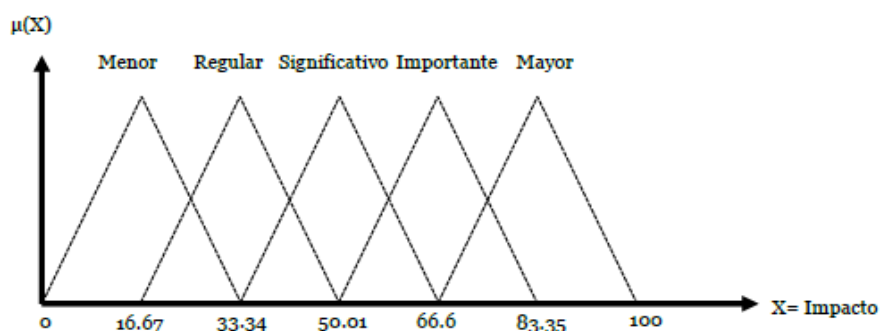


Ilustración 13. Variable de impacto: selección de la función de pertenencia, solapamientos equidistantes de la función triangular.

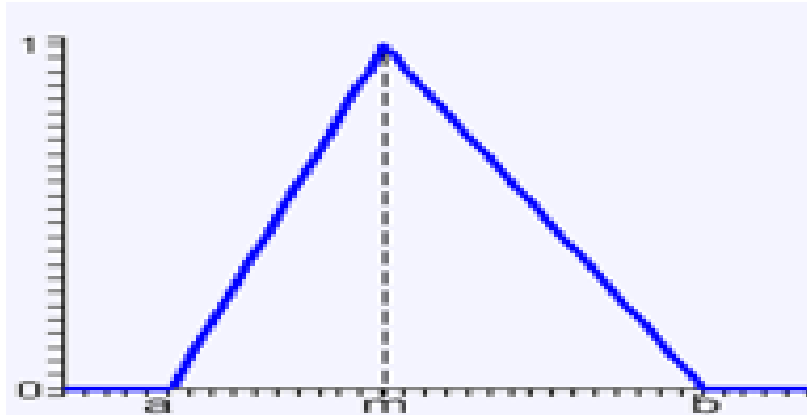


Ilustración 14. Función triangular: representación gráfica de la función triangular

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

Ilustración 14. Ecuación de la función triangular: representación de la función triangular a través de ecuación.

- Variable de probabilidad

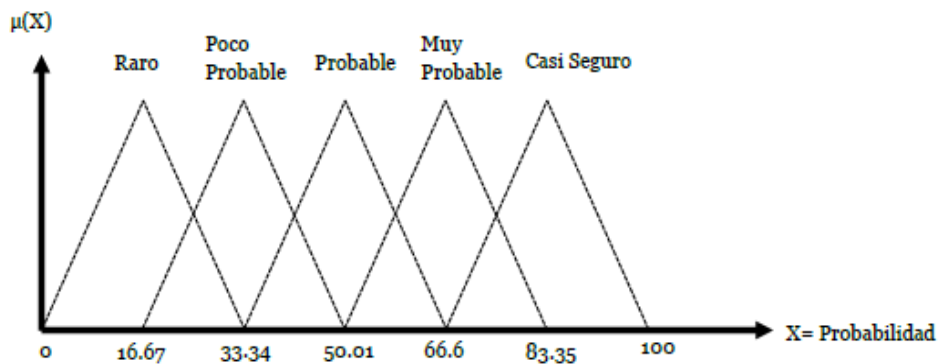


Ilustración 15. Variable de probabilidad: conjunto difuso de la variable de entrada.

- Variable de salida

Para la variable de salida, que es la evaluación del riesgo, se utilizó la función de pertenencia tipo triangular sin solapamiento.

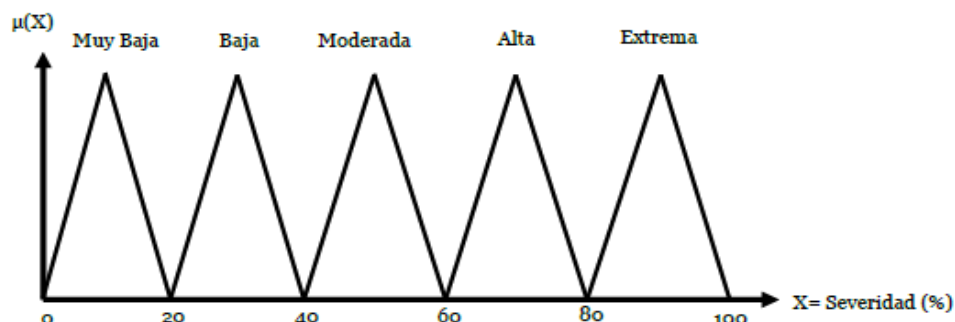


Ilustración 17. Variable de salida: conjunto difuso de las variables de salida.

- **Reglas difusas**

A continuación, se muestran las reglas difusas para este modelo:

#### Orden

#### Reglas difusas:

- 1 Si (Probabilidad es raro) e (Impacto es menor) entonces Evaluación es **muy bajo**.
- 2 Si (Probabilidad es raro) e (Impacto es regular) entonces Evaluación es **muy bajo**.
- 3 Si (Probabilidad es raro) e (Impacto es significativo) entonces Evaluación es **muy bajo**.
- 4 Si (Probabilidad es raro) e (Impacto es importante) entonces Evaluación es **bajo**.
- 5 Si (Probabilidad es raro) e (Impacto es mayor) entonces Evaluación es **moderado**.
- 6 Si (Probabilidad es poco probable) e (Impacto es menor) entonces Evaluación es **muy bajo**.
- 7 Si (Probabilidad es poco probable) e (Impacto es regular) entonces Evaluación es **muy bajo**.
- 8 Si (Probabilidad es poco probable) e (Impacto es significativo) entonces Evaluación es **bajo**.
- 9 Si (Probabilidad es poco probable) e (Impacto es importante) entonces Evaluación es **moderado**.
- 10 Si (Probabilidad es poco probable) e (Impacto es mayor) entonces Evaluación es **alto**.
- 11 Si (Probabilidad es probable) e (Impacto es menor) entonces Evaluación es **muy bajo**.
- 12 Si (Probabilidad es probable) e (Impacto es regular) entonces Evaluación es **bajo**.
- 13 Si (Probabilidad es probable) e (Impacto es significativo) entonces Evaluación es **moderado**.
- 14 Si (Probabilidad es probable) e (Impacto es importante) entonces Evaluación es **alto**.
- 15 Si (Probabilidad es probable) e (Impacto es mayor) entonces Evaluación es **alto**.

- 16 Si (Probabilidad es muy probable) e (Impacto es menor) entonces Evaluación es **bajo**.
- 17 Si (Probabilidad es muy probable) e (Impacto es regular) entonces Evaluación es **moderado**.
- 18 Si (Probabilidad es muy probable) e (Impacto es significativo) entonces Evaluación es **alto**.
- 19 Si (Probabilidad es muy probable) e (Impacto es importante) entonces Evaluación es **alto**.
- 20 Si (Probabilidad es muy probable) e (Impacto es mayor) entonces Evaluación es **extrema**.
- 21 Si (Probabilidad es casi seguro) e (Impacto es menor) entonces Evaluación es **moderado**.
- 22 Si (Probabilidad es casi seguro) e (Impacto es regular) entonces Evaluación es **alto**.
- 23 Si (Probabilidad es casi seguro) e (Impacto es significativo) entonces Evaluación es **alto**.
- 24 Si (Probabilidad es casi seguro) e (Impacto es importante) entonces Evaluación es **extrema**.
- 25 **Si** (Probabilidad es casi seguro) e (Impacto es mayor) entonces Evaluación es **extrema**.

Los valores de las variables de entrada se toman a través de una encuesta que se les hace a los trabajadores; el valor se define de acuerdo con la calificación de la probabilidad de que una amenaza pueda ocurrir y según el valor del impacto que esta amenaza generaría en caso de materializarse, y cada valor de este se asigna a un rango específico del número difuso dado o específico.

#### **Fundamentos de Trabajo 4 (artículo 23 de Tabla 4):**

En este trabajo se le da solución a la problemática investigada en cuanto a la estimación de riesgo cualitativa y cómo el proceso normal de un sistema difuso es que reciba números como variables de entrada a través de los conjuntos difusos o valores lingüísticos; en ese sentido, con este solo proceso se logra definir la priorización de riesgo del análisis cualitativo y el nivel del riesgo del análisis cuantitativo.

Los métodos basados en FIS son intuitivos y gráficos en su implementación, fáciles de ajustar y proporcionan un medio para la implementación de los juicios de los expertos mediante las reglas de inferencia.

No obstante, los métodos de evaluación del riesgo basados en sistema difuso tienen dos desventajas significativas:



- La necesidad de asignar valores numéricos a las variables de entrada, como se muestra en la
- Tabla, Ilustración y Tabla **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, no siempre es posible al disponer de valores numéricos fiables que puedan ser asignados a las variables de entrada [58], especialmente en las etapas tempranas de un proyecto [58] y, además, un análisis cualitativo recibe variables cualitativas y no numéricas, a menos que dentro del proceso se haga la conversión, como en el caso de números difusos trapezoidales con la semejanza.
- La ineficacia de su implementación cuando se requiere de más de tres o cuatro variables de entrada con efectos combinados sobre la variable de salida.

El objetivo del presente trabajo es el de plantear un método que permita el uso directo de variables lingüísticas como variables de entrada del sistema difuso y un procedimiento para la depuración del número de variables de entrada a través de pesos, que también es práctico para la priorización de riesgo con el *Fuzzy Ahp*.

El método propuesto se aplica a un caso práctico de evaluación del riesgo en proyectos de desarrollo, implementado por una empresa española del área de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

Se propone una modificación del método basado en sistema difuso. La metodología propuesta permite reducir los dos principales problemas de los sistemas difusos como herramientas para la medición del riesgo en proyectos, asignando valores lingüísticos a las variables de entrada mediante el uso de números difusos triangulares y disminuyendo, mediante el cálculo de pesos por FAHP (ver Ilustración , Tabla 16 y Los resultados de los pesos a los factores de riesgo se muestran en las Tablas 25, 26 y 27

Tabla 17), el número de variables de entrada y, por tanto, el número de reglas de inferencia necesarias.

Tabla 22. Variables lingüísticas: asignación de valores a las variables lingüísticas.

1	El factor i es de igual importancia que el factor j
3	El factor i es moderadamente más importante que el factor j
5	El factor i es fuertemente más importante que el factor j
7	El factor i es muy fuertemente más importante que el factor j
9	El factor i es absolutamente más importante que el factor j
2, 4, 6, 8	Valores intermedios

- Funciones de pertenencias triangulares (ver Ilustración 18).

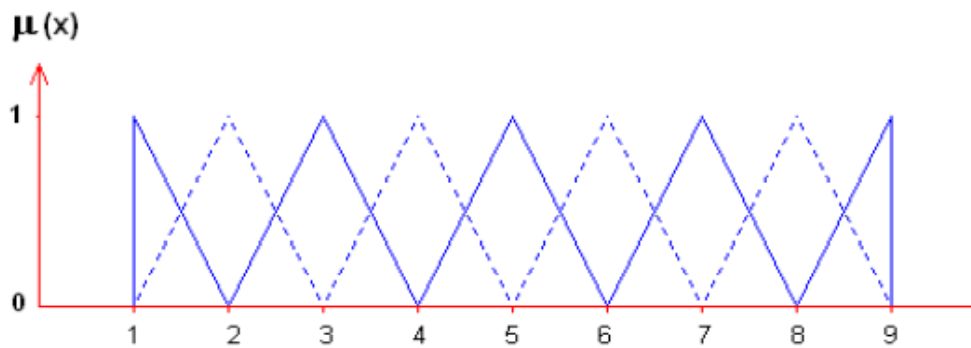


Ilustración 18. Función de pertenencia triangulares: conjuntos difusos cuantitativos.

Tabla 23. Números difusos triangulares, aplicación del método FAHP

AHP	FAHP	AHP	FAHP
1	(1,1,1)	1/1	(1,1,1)
	(1,1,2)		(1,1,2)
2	(1,2,3)	1/2	(1/3, 1/2, 1)
3	(2,3,4)	1/3	(1/4, 1/3, 1/2)
4	(3,4,5)	1/4	(1/5, 1/4, 1/3)
5	(4,5,6)	1/5	(1/6, 1/5, 1/4)
6	(5,6,7)	1/6	(1/7, 1/6, 1/5)
7	(6,7,8)	1/7	(1/8, 1/7, 1/6)
8	(7,8,9)	1/8	(1/9, 1/8, 1/7)
9	(8,9,9)	1/9	(1/9, 1/9, 1/8)

- Matriz de comparación (ver Ilustración 19)

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (l_{11}, m_{11}, u_{11}) & (l_{11}, m_{12}, u_{12}) & \dots & (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ (l_{21}, m_{21}, u_{21}) & (l_{22}, m_{22}, u_{22}) & \dots & (l_{2n}, m_{2n}, u_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ (l_{n1}, m_{n1}, u_{n1}) & (l_{n2}, m_{n2}, u_{n2}) & \dots & (l_{nn}, m_{nn}, u_{nn}) \end{bmatrix}$$

Ilustración 19. Matriz de comparación: método para aplicar FAHP.

- Factores de riesgos identificados

Tabla 16. Factores de riesgos identificados: proceso de aplicación del FAHP.

<b>GRUPO</b>	<b>FACTOR</b>	<b>PESO</b>
<b>GERENTE</b>	DIRECCION	0,0560
	USUARIOS	0,0000
	EQUIPOS	0,1729
	ENTORNOS	0,1729
<b>GESTION</b>	PLANIFICACION	0,0128
	PRESUPUESTO	0,1023
	EJECUCION	0,1844
	OBJETIVOS	0,1023
<b>PRODUCTO</b>	REQUISITOS	0,0288
	CALIDAD	0,0288
	EVALUACION	0,0000
	TECNOLOGIA	0,1389

Los resultados de los pesos a los factores de riesgo se muestran en las Tablas 25, 26 y 27

Tabla 17. Aplicación FAHP: resultados de pesos para los factores de riesgo aplicando FAHP

<b>Valor lingüístico</b>	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
<b>Número difuso triangular</b>	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,9)

Tabla 18. Variable de entrada: conjuntos difusos de la variable de entrada.

<b>Valor lingüístico</b>	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
<b>Número difuso triangular</b>	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,9)

Tabla 197. Variables de salida: conjuntos difusos de la variable de salida.

<b>Valor lingüístico</b>	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Extremadamente Alto
<b>Numero difuso triangular</b>	(0,0,20)	(0,20,40)	(20,40,60)	(40,60,80)	(80,100,100)

Como se presenta en las ilustraciones 20 y 21, el modelo de lógica difusa es completo, y lo novedoso de este modelo es que no requiere fusificación. Hasta esta instancia del análisis se ha definido que este es el modelo ideal a seguir.

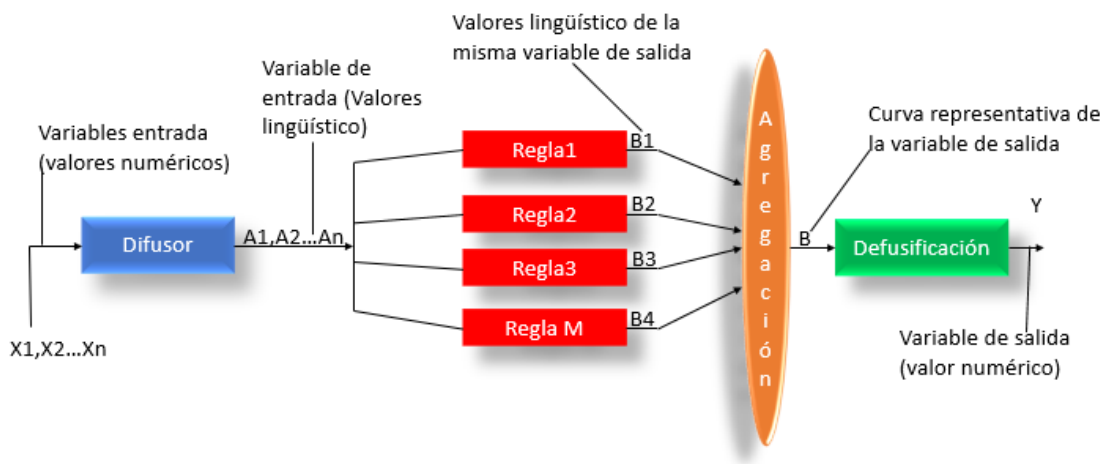


Ilustración 20. Modelo completo de lógica difusa: diseño clásico del modelo de motor de lógica difusa [58].

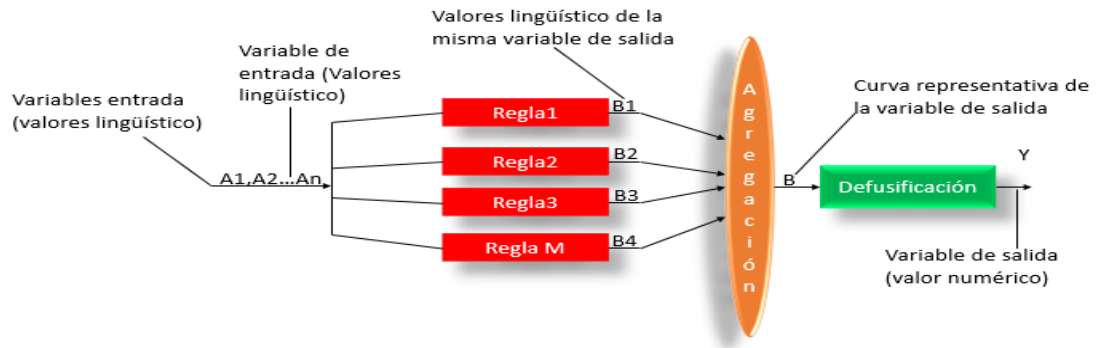


Ilustración 21. Diseño del modelo final [58].

### Fundamentos de Trabajo 5 (artículo 24 de Tabla 4):

Este artículo trae una gran novedad en todo el proceso de la lógica difusa, pues en lugar de usar reglas difusas, calcula la probabilidad y el impacto a través de cálculo matemático utilizando el producto difuso (Ilustración 2, Tabla 28,

Ilustración 2, Ilustración , Tabla 29, Tabla 30,

Tabla 16. Términos lingüísticos: definición y graduación del término probabilidad del riesgo.

, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y luego hace la defusificación utilizando el método de Mandani con el centro de masa. La metodología desarrollada en este artículo se estructura en siete etapas, bajo la fórmula de riesgo de la ilustración 22:

1. Identificación de los riesgos
2. Definición del factor de riesgo
3. Definición de la escala lingüística
4. Evaluación de los riesgos
5. Cálculo del factor de riesgo
6. Ponderación de los riesgos
7. Clasificación de los riesgos

$$F_R = I_R \times P_R$$

Ilustración 22. Formula: definición del factor del riesgo.

Tabla 28. Escala: escala de valoración método Ahp.

Escala	Descripción
1	Igual importancia
3	Moderadamente más importante que el otro elemento
5	Fuertemente más importante que el otro elemento
7	Mucho más importante que el otro elemento
9	Importancia extrema de un elemento frente a otro

- Cálculo del riesgo

$$P_{Ri} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{n=1}^m \frac{1}{m} \cdot (P_{Ri}^1 + P_{Ri}^2 \dots + P_{Ri}^m)$$

Ilustración 23. Cálculo del riesgo: sumatoria de la probabilidad.

$$I_{Ri} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{n=1}^m I_{Ri}^m = \frac{1}{m} \cdot (I_{Ri}^1 + I_{Ri}^2 \dots + I_{Ri}^m)$$

Ilustración 24. Cálculo del riesgo: sumatoria de la variable impacto.

Tabla 16. Términos lingüísticos: definición y graduación del término probabilidad del riesgo.

Identificación	Nombre	Interpretación	Numero Difuso
MB	Muy Baja	Probabilidad muy baja	(0;0;0.1;0.2)
B	Baja	Probabilidad baja	(0.1;0.25;0.25;0.4)
M	Media	Probabilidad media	(0.3;0.5;0.5;0.7)
A	Alta	Probabilidad alta	(0.6;0.75;0.75;0.9)
MA	Muy alta	Probabilidad muy alta	(0.8;0.9;1;1)

Tabla 17. Impacto del riesgo: definición y graduación del término impacto del riesgo

<b>Identificación</b>	<b>Nombre</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Numero Difuso</b>
N	Nulo	Despreciable	(0;0;0.1;0.2)
Min	Mínimo	Impacto de pequeña envergadura	(0.1;0.25;0.25;0.4)
Mo	Moderado	Impacto a tener en cuenta	(0.3;0.5;0.5;0.7)
G	Grave	Impacto con importantes consecuencias	(0.6;0.75;0.75;0.9)
C	Crítico	Impacto muy alto para el proyecto	(0.8;0.9;1;1)

Tabla 31. Escala lingüística: escala de clasificación de los riesgos.

<b>Identificación</b>	<b>Factor de Riesgo (F<sub>R</sub>)</b>		
	<b>Nombre</b>	<b>Interpretación</b>	<b>F<sub>R</sub> (x10)</b>
D	Despreciable	Riesgo mínimo para el proyecto, en caso de que suceda no afectaría de una forma significativa al proyecto	[0-0,2]
A	Aceptable	Riesgos que puedan afectar al proyecto en mayor o menor medida, pero que son asumibles y que se considera que aunque ocurran el proyecto puede seguir hacia su objetivo final	[0,2-0,5]
NA	No Aceptable	Riesgo que una vez evaluados, no pueden ser aceptados en el proyecto, para ello se debería de tomar ciertas medidas para obtener un valor inferior	[0,5-0,8]
IN	Intocable	Riesgos que no pueden ser aceptados incluso a pesar de existir medidas para reducirlos, se trata de riesgos que provocan la cancelación del proyecto o una medida de sobrecostes no asumibles	[0,8-1]

Tabla 20. Evaluación del riesgo: ejemplo práctico de evaluación del riesgo por parte del experto.

Riesgos: prestacionales	Las prestaciones del vehículo corresponden al tiempo que tarda el vehículo en recorrer ciertos itinerarios marcados por el cliente. En este caso el departamento de ingeniería ha estimado que en la peor de las situaciones se podría producir una desviación de 20 segundos en el servicio. Según la estimación de penalizaciones del cliente, eso podría suponer un coste de 912.000 euros adicionales									
<b>Evaluadores</b>	<b>Probabilidad</b>					<b>Impacto</b>				
	MB	B	M	A	MA	N	Min	Mo	G	C
Evaluador 1		X							X	
Evaluador 2			X						X	
Evaluador 3	X								X	
Evaluador 4			X							X

Con el equipo evaluador, las tablas de los valores lingüísticos y los conjuntos difusos de la probabilidad e impacto se determinan los valores de las variables de entrada.

**Fundamentos de Trabajo 6 (artículo 27 de Tabla 4):**

Con este trabajo aplicando la técnica de FAHP, se permite priorizar los riesgos, técnica que se tuvo en cuenta también a la hora de priorizar los riesgos de esta investigación.

En este artículo se proponen los siguientes pasos a seguir:

1. Identificación del problema
2. Conformación del grupo de responsables
3. Definición de los criterios,
4. Tabla 33.
5. Desarrollo de la estructura jerárquica para los criterios y las alternativas
6. Representación difusa de los juicios de comparación,
7. Tabla 21
8. Matriz de juicio nivel 1 (criterios), **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**
9. Construcción de las matrices de juicio difusas para FAHP
10. Matriz de juicio nivel 2, de las alternativas
11. Cálculo del índice de consistencia
12. Cálculo del vector de prioridad
13. Cálculo de los valores de comparación difusos
14. Cálculo de los pesos difusos relativos, **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**
15. Elección final de la alternativa,
- 16.



Tabla 33. Matriz de comparación de criterio. Criterio para la priorización.

<b>Notación del número difuso</b>	<b>Número asociado en la escala de saaty</b>	<b>Escala triangular difusa propuesta</b>	<b>Interpretación verbal de la escala</b>
T1	1	(1,1,2)	Igual importancia de ambos elementos.
T3	3	(2,3,4)	Moderada importancia de un elemento sobre otro
T5	5	(4,5,6)	Fuertemente importancia de un elemento sobre otro.
T7	7	(6,7,8)	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro
T9	9	(8,9,9)	Extrema importancia de un elemento sobre otro.
T2, T4, T6, T8	2,4,6,8	(1,2,3),(3,4,5),(5,6,7),(7,8,9)	Juicios intermedios

Tabla 21. Representación difusa: representación difusa de los juicios de comparación.

<b>Objetivo</b>	<b>Criterio 1</b>	<b>Criterio 2</b>	<b>...</b>	<b>Criterio n</b>
Criterio 1	(1,1,1)	Comparación entre los criterios 1 y 2	...	Comparación entre los criterios 1 y n.
Criterio 2	Inverso de la comparación entre los criterios 1 y 2	(1,1,1)	...	Comparación entre los criterios 2 y n.
...	...	...	(1,1,1)	Comparación entre los criterios n y n.
Criterio n	Inverso de la comparación entre los criterios 1 y n.	Inverso de la comparación entre los criterios 2 y n.	Inverso de la comparación entre los criterios n y n.	(1,1,1)

Tabla 35. Matriz nivel uno: matriz de juicio nivel 1 (Criterios).

	<b>Criterio 1</b>	<b>Criterio 2</b>	<b>Criterio 3</b>	<b>Criterio 4</b>	<b>Criterio 5</b>
<b>Criterio 1</b>	(1,1,1)	(1,1,1)	(4,5,6)	(6,7,8)	(4,5,6)
<b>Criterio 2</b>	(1,1,1)	(1,1,1)	(4,5,6)	(6,7,8)	(6,7,8)
<b>Criterio 3</b>	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)
<b>Criterio 4</b>	(1/8,1/7,1/6)	(1/8,1/7,1/6)	(2,3,4)	(1,1,1)	(1/6,1/5,1/4)
<b>Criterio 5</b>	(1/6,1/5,1/4)	(1/8,1/7,1/6)	(1/4,1/3,1/2)	(4,5,6)	(1,1,1)

Tabla 36. Pesos difusos: ejemplos de pesos difusos relativos.

<b>Criterios</b>	<b>R1</b>		
<b>Criterio 1</b>	2,49	2,81	3,1
<b>Criterio 2</b>	2,7	3	3,29
<b>Criterio 3</b>	0,43	0,53	0,66
<b>Criterio 4</b>	0,35	0,41	0,49
<b>Criterio 5</b>	0,46	0,54	0,66
<b>Total</b>	6,43	7,3	8,2
<b>Inverso</b>	0,16	0,14	0,12

Tabla 37. Priorización: elección final de la alternativa.

<b>Elección final</b>	<b>Proveedor 1</b>	<b>Proveedor 2</b>	<b>Proveedor 3</b>
Riesgo de calidad	0,09	0,01	0,03
Riesgo de suministro	0,08	0,02	0,05
Precio	0,03	0,03	0,03
Tiempo de entrega	0,11	0,05	0,07
Calidad	0,07	0,03	0,02
Capacidad de producción	0,13	0,02	0,07
Servicio al cliente	0,02	0,02	0,01
Total	0,53	0,19	0,28

### Fundamentos generales de otros trabajos

- Proceso del método Delphi (de artículo 31 y 32). Guía para la utilización de la metodología Delphi en las etapas de comprobación de productos terminados tipo software educativo (Ilustración 2, **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**).



Ilustración 25. Método Delphi: proceso del método Delphi para la evolución de expertos.

Tabla 38. Esquema Delhi: esquema simplificado del método Delphi.

1	Fase preparatoria
2	Selección de los expertos
3	Determinación de objetivos y elaboración de cuestionarios
4	Fase de consulta
5	Realización de la ronda de consulta
6	Procesamiento estático de los resultados de ronda
7	Retroalimentación de los resultados del procesamiento de las respuestas
8	(los pasos 3, 4 y 5 se repetirían a lo largo de tantas rondas como marcarse el diseño del estudio)
9	Fase de resultados
10	Determinación de consenso
11	Informe de resultado

- Gestión de riesgo en metodologías ágiles.  
Se toman como referencia los artículos del 1 al 8 porque son modelos óptimos para poder hacer una buena fusión con los métodos tradicionales, además de ser modelos adaptados de métodos tradicionales con metodologías ágiles y conducen a que se

realice una buena práctica en la automatización de una herramienta que permita minimizar el esfuerzo humano, al llevar la gestión de riesgo a las metodologías ágiles:

- Identificación y análisis de riesgos con metodología ágil Scrum, en la dirección de proyectos de pruebas de software en Bogotá, aplicado a la empresa Greensqa.
- Propuesta de gestión de riesgos de proyectos software, desarrollados con la metodología Scrum.
- *Implementation of Risk Management with SCRUM to Achieve CMMI Requirements*
- *Alternative Approach for Risk Assessment in Scrum*
- *Risk Management in Agile Model*
- *Best Practices for Managing Risk in Adaptive Agile*
- *Risk Management in Agile Projects*
- *Project risk management model based on prince2 and Scrum frameworks*
  
- Modelos de Inteligencia Artificial.  
Los artículos del 11 al 13 son seleccionados por su aporte en la automatización de la identificación de riesgos en metodologías ágiles, eliminando así el esfuerzo humano, y conllevan a determinar la descomposición de historias de usuarios al desfragmentar cada historia, aplicando alarmas a la identificación de riesgos en un proyecto determinado en el mundo de la inteligencia artificial a través de la técnica de agentes, basados en elementos del entorno del proyecto definidos así (proyecto, equipo, tarea, progreso, riesgo):
  - *Agile risk management using software agents*
  - *Lightweight Risk Management in Agile Projects*
  - *Lightweight Risk Management: The Development of Agile Risk Tool Agents*
  
- Estrategias de recomendaciones ágiles.  
Los artículos 9, 10 y 15 corresponden investigaciones que hacen recomendaciones en la gestión de riesgos, acopladas a las metodologías ágiles; al tener estas ideas en cuenta hace que se lleve a realizar una buena práctica al diseñar la herramienta para llevar a cabo la realización de la propuesta.
  - Información práctica sobre el proceso de gestión de riesgos en proyectos ágiles de software en Noruega
  - *Managing risks in Norwegian Agile Software Projects: project managers perspective*
  - *Risk Management in Agile Software Development: a Comparative Study*
  
- Gestión de historias de usuario.  
El artículo 14 de gestión en el desarrollo de la propuesta permite el manejo de la estimación de historias de usuario a través de la técnica *planning poker* para la priorización de riesgos del análisis cualitativo.

- Propuesta de gestión de riesgos de proyectos software, desarrollados con la metodología Scrum
- Gestión de Riesgos ágiles.  
El artículo 16 de gestión de riesgos ágiles es una propuesta es de apoyo a la gestión de riesgo de historias de usuario en las metodologías ágiles, que permite una mayor comprensión y entendimiento para llevar a cabo la estimación de riesgos.
- Lógica difusa:  
Los artículos 17, 18 y 19 son seleccionados por su temática teórica en el mundo de la lógica difusa, apoyando con su comprensión y entendimiento el diseño de todo lo que se requiere para modelar y diseñar un sistema difuso.
  - Lógica difusa, una introducción práctica.
  - Desarrollo de un Sistema Experto basado en Lógica Fuzzy para la Dosificación de Sevoflorane.
  - Sistemas de control con lógica difusa: métodos de Mamdani y de Takagi-Sugeno-Kang (TSK)
- Lógica difusa aplicada (Art. 25 a Art. 28)  
Los artículos del 25 al 28 seleccionados como referencia de aplicación de lógica difusa, son:
  - Evaluación del impacto de la capacitación con lógica difusa.
  - Metodología multicriterio para la selección de proveedores bajo consideraciones de riesgo.
  - La lógica difusa en la modelización del riesgo operacional. Una solución desde la inteligencia artificial en la banca cubana.
- Alternativas para el cálculo del riesgo.  
Los artículos 29 y 30 se seleccionaron dado que son investigaciones de las alternativas no han sido referenciadas en este estado del arte, es porque el cálculo de riesgo se procesa con una fórmula matemática muy distinta a como trabajan las metodologías de gestión de riesgo, en donde primero se saca el modelo de las variables y luego se lleva a la lógica difusa utilizando el conocimiento de experto para la formulación de las reglas.

En una anterior publicación de Azán y otros [65] se ha abordado la evaluación del riesgo de la seguridad de la información en los sistemas gestores de bases de datos (SGBD) utilizando el razonamiento basado en casos. En esta, se proporciona una evaluación del riesgo de forma cualitativa, la cual se realizó a partir de la obtención del riesgo cuantitativo de cada parámetro de la lista de chequeo de seguridad que utilizan los expertos en auditoría de seguridad informática para los SGBD. También se publicó otro trabajo con el mismo objetivo, pero utilizando la lógica difusa [65]. Estos trabajos muestran la viabilidad de ambas técnicas para la evaluación del riesgo de la

seguridad de la información en los SGBD teniendo como premisas o entradas valores numéricos, utilizando las variables lingüísticas de entrada alto, medio, bajo, y se llevan a valores numéricos a través del conocimiento de los expertos para el cálculo de las variables de entradas. Sin embargo, no se ha encontrado una solución para llevar a cabo la evaluación del riesgo de seguridad de la información a partir de los valores cualitativos alto, medio o bajo, y devolver estos mismos valores como resultado final. Por tal motivo, se trazó como objetivo proponer la evaluación del riesgo de la seguridad de la información para los SGBD teniendo como premisa de entrada el riesgo cualitativo de cada parámetro de la lista de chequeo de seguridad.

En este trabajo se plantea una solución para evaluar el riesgo de la seguridad de la información para los gestores de bases de datos, teniendo como premisa de entrada el riesgo cualitativo de cada parámetro de la lista de chequeo de seguridad. Para lograr este objetivo se propone la utilización de números difusos trapezoidales basado en el área.

Para determinar el valor cualitativo del riesgo del rasgo objetivo se utiliza una función de semejanza que permite comparar el riesgo del número difuso calculado con los números difusos que están asociados a los valores lingüísticos de salida. A partir del valor de semejanza, se toma como resultado final el de mayor semejanza. En ese orden de ideas, de acuerdo con estas investigaciones del resultado cuantitativo, a través del conocimiento de experto se puede llegar al análisis cualitativo.

- **Fases implementación sistema difuso:**

Se seleccionó el artículo 32 por la metodología usada, que es el método Delphi. A continuación, se muestran las fases para la implementación de un sistema difuso:

1. *Diseño del sistema difuso:* en esta fase se deben definir las entradas y salidas del sistema, así como la función de membresía para cada una de ellas. Posteriormente, se agregan las reglas para la inferencia difusa. Se recomienda realizar esta fase en el *fuzzy tool box* de Matlab, ya que nos permitirá simular el sistema.

2. *Codificación de las funciones de membresía:* es importante llegar a esta etapa habiendo realizado las pruebas pertinentes al sistema difuso sobre Matlab, y se deberán codificar las funciones que se requieran en el diseño, el código que se implemente en el lenguaje de programación de su preferencia y elaborar el pseudocódigo o algoritmo.

3. *Codificación de reglas:* en esta etapa se desarrollará el código que define las reglas de inferencia difusa utilizadas en el sistema diseñado en el inciso a, y elaborar el algoritmo o pseudocódigo.

4. *Codificando las etapas de implicación y agregación:* para estas dos funciones el código estará basado en la definición del pseudocódigo o algoritmo.

5. *Codificando la etapa de defusificación:* la etapa final de la implementación del sistema difuso corresponde a la definición del pseudocódigo o algoritmo, donde se elegirá el método de defusificación que se utilizó en la etapa de diseño.

6. *Etapas de pruebas:* es importante que, al finalizar la implementación del sistema difuso sobre el lenguaje y plataforma elegida, sea comparado con el sistema difuso simulado en Matlab, al que se hace referencia en el inciso a, para determinar o descartar posibles errores en la codificación de los algoritmos. Se recomienda tomar la mayor cantidad de muestras posibles alternando cambios en las entradas para tener un mayor grado de confiabilidad del sistema codificado.

Teniendo en cuenta todo lo reportado hasta el momento y después de los fundamentos referenciados, queda pendiente determinar la técnica de priorización de riesgos, la técnica para determinar los valores de las variables de entrada y definir los prototipos de usuarios finales y de administración de riesgos.

Matlab se ha venido usando como herramienta de modelamiento, validación y simulación. Se debe determinar si se selecciona como herramienta de implementación definitiva, pues en los trabajos relacionados se encuentra Matlab como herramienta de implementación, con formularios muy prácticos o, por el contrario, se lleva el modelado a otra plataforma de implementación; así también, se encontró Visual Basic Excel, Php5 y Mysql5.

Para concluir, la búsqueda de este estado del arte se basa en definir dos aspectos importantes como son, básicamente, la técnica de priorización de riesgos del análisis cualitativo y la técnica para determinar los valores de las variables de entrada, y un tercer aspecto que ya es bastante claro como es el procedimiento difuso para definir el nivel de riesgo del análisis cuantitativo.

## **CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA PROPUESTA**

### **5.1 ANÁLISIS DEL ENTORNO DE GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS ÁGILES**

En este capítulo se describe el proceso realizado para identificar las prácticas, estrategias y propuestas para la gestión de riesgos en proyectos ágiles, como se planteó en el primer objetivo. Este proceso fue guiado a partir de una metodología de revisión de literatura.

Con el objeto de responder a la pregunta de investigación se procede con la sistematización de información, resultado de los procesos de revisión realizados, teniendo en cuenta lo siguiente:

- El método clásico de lógica difusa con todas sus operaciones: fusificación, reglas difusas y defusificación.
- Método sin inferencia difusa: reglas difusas y defusificación.
- Método con operación aritmética difusa a través de la suma difusa y la multiplicación conocida como el producto difuso: multiplicación difusa y defusificación.

#### **Cálculos de variable de entradas:**

En esta investigación se logran identificar tres formas de evaluar los riesgos. La primera forma consiste en que con un equipo evaluador se evalúan los riesgos, y por cada variable de entrada cada evaluador selecciona un número difuso, luego se recoge toda la data de los evaluadores expertos y se procesa en forma de una matriz; a continuación, se suma columna por columna formando un vector y se divide por el número de evaluadores para formar un número difuso por cada variable de entrada.

La otra forma es que con un equipo evaluador se evalúan los riesgos y por cada variable de entrada cada evaluador selecciona un número difuso; luego, se recoge toda la data de los evaluadores expertos y se procesa en forma de una matriz; a continuación, se suma columna por columna formando un vector, se divide por el número de evaluadores y finalmente se multiplica con la operación aritmética difusa.

Y la última forma de evaluar los riesgos es que todo el equipo evaluador decide en conjunto sobre un mismo riesgo y se escoge un valor cuantitativo de acuerdo con los parámetros de entrada definidos por el equipo evaluador; en este caso son valores cuantitativos que se le asignan directamente, y de esta forma el método clásico de lógica difusa recibe la variable de entrada directamente; en el caso cuando se le envía conjuntos difusos se debe calcular la variable de entrada para llevarlo a un conjunto difuso y luego terminar en un número nítido o clásico.



## Prácticas y estrategias para priorización de los riesgos de análisis cualitativo:

Estructura clásica y original de un sistema difuso que recibe variables cuantitativas directamente, como se muestra en la Ilustración 26 y 27 de Ilustración 2

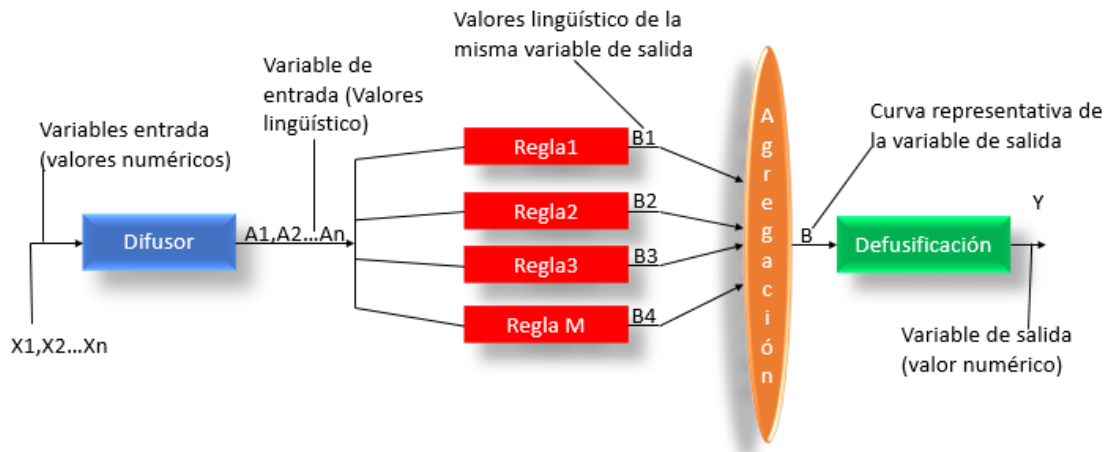


Ilustración 26. Modelo clásico: modelo clásico de lógica difusa [58].

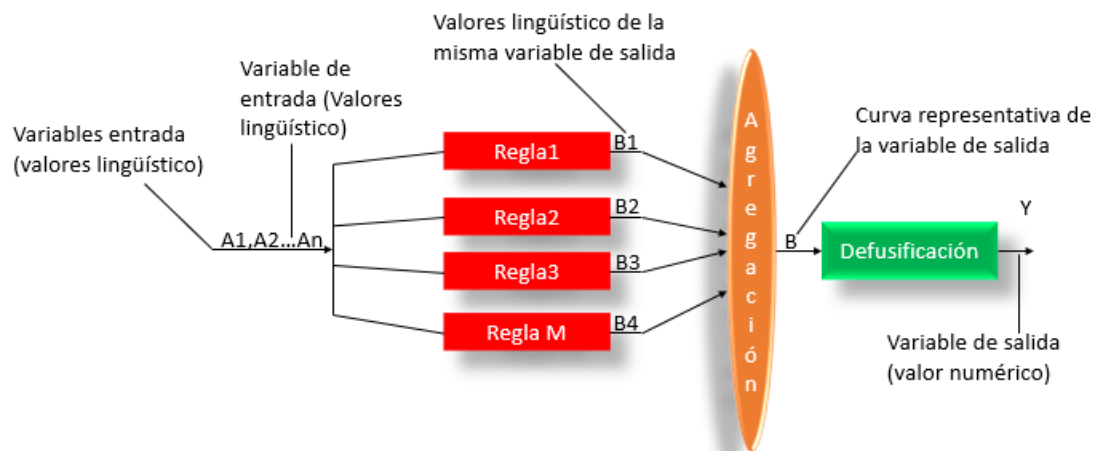


Ilustración 27. Modelo clásico modificado: estructura de un sistema difuso sin fusificación que recibe variables cualitativas directamente [58].

La estructura de un sistema difuso con operación aritmética difusa: elimina fusificación, reglas difusas y recibe variables cualitativas directamente, se muestra en la Tabla 399.

Tabla 39. Estructura del sistema difuso: elimina la fusificación del sistema difuso.

Variables de entrada	Operación suma difusa	Operación producto difuso	Des-difusor
----------------------	-----------------------	---------------------------	-------------

Técnica o practicas implementadas:

- Aplicación del método difuso de Mandani para la priorización de los riesgos (AHP difuso), tomado del trabajo de Rodríguez [58]. Utiliza números difusos trapezoidales como variables de entradas directamente, eliminando así el proceso de la fusificación de la lógica difusa como se puede ver en la figura anterior (No. 2).
- El objetivo de esta práctica es el de plantear un método que permita el uso directo de variables lingüísticas como variables de entrada del sistema difuso y un procedimiento para la depuración del número de variables de entrada a través de pesos, muy práctico para la priorización de riesgo con el Fuzzy Ahp. Disminuye así, mediante el cálculo de pesos por FAHP, el número de variables de entrada y, por lo tanto, el número de reglas de inferencia necesarias, muy propio para la priorización de riesgo.
- El método propuesto es aplicado a un caso práctico de evaluación del riesgo en proyectos de desarrollo, implementados por una empresa española del área de las tecnologías de la información y las comunicaciones.
- El método difuso de Mandani para la priorización de los riesgos (AHP difuso) también se aplica en el trabajo de Parra y otros [62], como una metodología multicriterio para la selección de proveedores bajo consideraciones de riesgo y es una práctica que aplica muy bien en la priorización de riesgos.

**Prácticas y estrategias para el nivel de los riesgos de análisis cuantitativo:**

- Se identifica un sistema difuso para determinar el nivel del riesgo a través del método Mandani, tomado del trabajo de Angarita y otros [56].
- Aplica conocimiento de la gestión de riesgos en la seguridad de la información y todo lo relacionado con la pérdida de activos en caso de que la amenaza de dicho activo sea vulnerada. Recibe variable de entrada cuantitativa directamente, implementado en Matlab y Fuzzy Logic, con formularios de entrada para las variables.
- También se aplica este sistema difuso en el trabajo de Velásquez [57]. Los valores de las variables de entrada se toman a través de una encuesta aplicada a los trabajadores; el valor cuantitativo se define de acuerdo con la calificación de la probabilidad de que una amenaza pueda ocurrir y el valor del impacto que esta amenaza generaría en caso de materializarse, y cada valor de este se asigna a un rango específico del número difuso dado o específico.
- Gallardo y otros [59] aplican un sistema difuso a través de la suma y multiplicación difusa de una forma sencilla y fácil de comprender, combinando AHP para los pesos. En lugar de usar reglas difusas, calcula la probabilidad y el impacto a través de

cálculo matemático utilizando el producto difuso, y luego hace la defusificación utilizando el método de Mandani con el centro de masa.

### **Guía de apoyo para el trabajo con equipo evaluador utilizando expertos:**

- La guía de apoyo para el trabajo con expertos se toma de Farfán, Marín [66]. Aquí se hace la evaluación de índice de consecuencia de la falla final de un transformador de potencia usando lógica difusa basada en criterio experto para la mayor comprensión de cómo es que se debe aplicar la técnica Delphi cuando se usan grupos de experto evaluador.
- Hernández y Robaina [67] también siguen una guía de apoyo para el trabajo con equipo evaluador utilizando expertos en las etapas de comprobación de productos terminados tipo software educativo. La idea de esta guía es buscar la mayor comprensión de cómo se debe aplicar la técnica Delphi cuando se trabaja con grupos de expertos.

### **Gestión de riesgo en metodologías ágiles:**

- Se usan prácticas de referencia para la gestión de riesgo en metodologías ágiles, tomado de los trabajos de Babativa [69], Johanna [70], Alharbi [71], Hycinta [72], Singh [73], Kumar [74] y Tomanek [75]. Estas prácticas son seleccionadas porque son modelos óptimos para la fusión con los métodos tradicionales, y, además, porque son modelos adaptados de métodos tradicionales con metodologías ágiles y, en ese orden de ideas, conducen a que se realice una buena práctica en la automatización de una herramienta, que permita minimizar el esfuerzo humano, al llevar la gestión de riesgo a las metodologías ágiles.
- Por otro lado, prácticas de gestión de riesgo en modelos de Inteligencia Artificial tomados de los trabajos de Odzaly [76], Stewart [77] y Stewart [78], también sirven como referencia. Estas prácticas son seleccionadas por el aporte en la automatización de la identificación de riesgos en metodologías ágiles, eliminando así el esfuerzo humano, y conllevan a determinar la descomposición de historias de usuarios al desfragmentar cada historia, aplicando alarmas a la identificación de riesgos en un proyecto determinado en el mundo de la inteligencia artificial a través de la técnica de agentes, basados en elementos del entorno del proyecto, definidos así: proyecto, equipo, tarea, progreso, riesgo.
- Estrategias y recomendaciones desde experiencias ágiles, tomado de los trabajos de Siddique [22], Hussein [13] y Albadarneh [14], son identificadas porque se enfocan en recomendaciones de la gestión de riesgos acopladas a las metodologías

ágiles; al tener estas ideas en cuenta, esto conlleva a realizar una buena práctica al diseñar la herramienta para llevar a cabo la realización de la propuesta.

- Gestión de Historias de Usuario - Ingeniería de requisitos ágil v. 2.0, tomado de los trabajos de Siddique [22], Hussein [13] y Albadarneh [14], que puede permitir el manejo de la estimación de historias de usuario a través de la técnica *planning poker* para la priorización de riesgos del análisis cualitativo. Menzinsky y López [51] también plantean una propuesta de gestión de riesgos de proyectos software, desarrollados con la metodología Scrum, a partir de la gestión de riesgo de historias de usuarios, que permite una mayor comprensión para la estimación de riesgos.

## **5.2 ESTRATEGIA PARA GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS ÁGILES**

En este apartado se presenta la estrategia propuesta para la gestión de riesgos en proyectos ágiles, como producto de la Fase 2 de análisis de la base de conocimiento, a partir de las prácticas, estrategias y propuestas identificadas.

La estrategia que se propone para solucionar este trabajo de investigación resulta básicamente de tres prácticas, las cuales involucran los diversos elementos de los trabajos anteriores para la gestión de riesgo cualitativo. Para la gestión del riesgo cuantitativo se tomaron los siguientes elementos de los trabajos de Masmela [55]. y Angarita, Tabares y Ríos [56].

El análisis cualitativo consiste en la priorización de los riesgos que, de acuerdo con los valores de entrada, es fusificado para hacer una inferencia difusa. A través de las reglas devuelve como resultado un número difuso y a este número se le aplica la Defusificación, devolviendo como resultado la priorización del riesgo. El algoritmo consiste en el proceso presentado en la Ilustración .

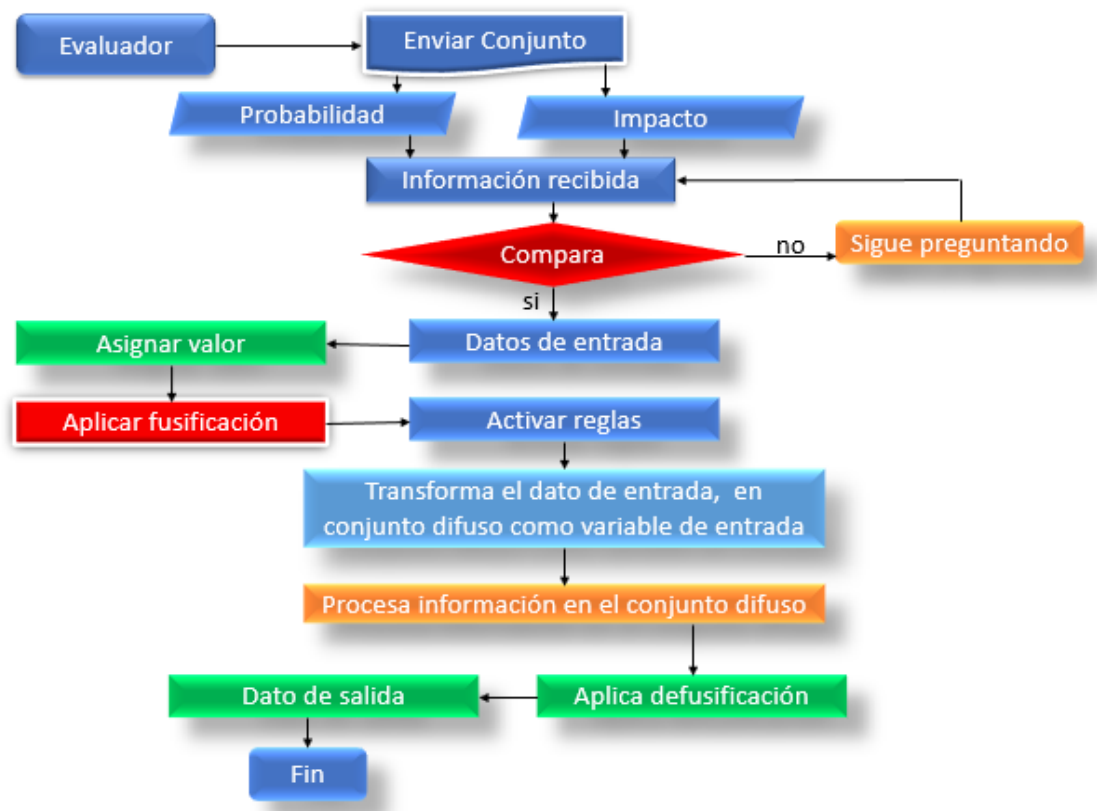


Ilustración 28. Algoritmo de priorización. Fuente: diseño propio del autor, funciona a través de una base de conocimiento.

El análisis cuantitativo consiste en que el evaluador envía o selecciona un valor cuantitativo, este valor se suma con los valores de los demás evaluadores y es dividido por el número de evaluador, en este caso 4, para obtener un único valor por cada variable de entrada. Este valor es fusificado, se hace la inferencia difusa a través de las reglas, y la salida devuelve un número difuso que se le aplica la defusificación, y finalmente se tiene como resultado el nivel de riesgo por cada riesgo.

Se crearon dos motores de inferencia difusa, el primero para la priorización de los riesgos y el segundo para el nivel de riesgo o la magnitud.

Para llevar a cabo dicha tarea, en la priorización del riesgo se seleccionó el trabajo de García [68], que consiste en la gestión de riesgos cualitativos a través de la lógica difusa. Esta técnica para la priorización del riesgo cualitativo se realiza asignando valores lingüísticos a la probabilidad e impacto de dichos riesgos mediante juicios realizados por expertos y convirtiéndolos a un número triangular difuso asociado, que representa su significado cuantitativo y permite ser operado matemáticamente, para así jerarquizar los riesgos en función de su prioridad.

Las propuestas que toman importancia para el nivel del riesgo en el análisis cuantitativo consisten en aplicar una metodología para la cuantificación de los riesgos, soportadas en los trabajos de Masmela [55] y Angarita, Tabares y Ríos [56].

Estas dos prácticas seleccionadas están soportadas por los demás trabajos de gestión de riesgo en lógica difusa, reportadas en este trabajo de investigación. La importancia de estas propuestas en las metodologías ágiles radica en la automatización de la gestión de riesgo a través de la lógica difusa, eliminando el trabajo pesado que representa cuando se hace de forma manual.

## **CAPÍTULO 6: DISEÑO DE MOTOR DE INFERENCIA**

En este capítulo se presenta el proceso seguido para el diseño de un motor de inferencia para la gestión de riesgos, basado en la estrategia propuesta, como producto de la Fase 3 de diseño a nivel prototipo.

### **6.1 MÉTODO**

Para diseñar el motor de inferencia de datos para el análisis cualitativo se tomó como base el modelo para priorización del riesgo de García [68], con todas las fases y pasos. Este modelo es montado en el diseñador de Matlab, y para llevar esta práctica a un lenguaje de programación, con entradas a través de un formulario, se requiere de una base de conocimiento que alimente el sistema internamente de acuerdo con la evaluación que decida el evaluador. Esta base de conocimiento se dispara para decidir qué es lo que le va a entrar finalmente al motor de inferencia.

Como esta práctica de priorización de riesgo gestiona los dos métodos, es decir, agregación a la entrada y agregación a la salida, se utiliza agregación a la salida por ser más fácil para crear las combinaciones posibles y para poder montar la base de conocimiento que es la que finalmente decide qué es lo que le va a entrar al motor de inferencia.

A continuación, y para facilitar la comprensión del proceso seguido, se presentan en detalle los recursos utilizados en el trabajo.

#### **6.1.1 Preliminares**

Se realizó la definición del grupo de evaluación e identificación de los riesgos, la definición de la escala lingüística-difusa y de las reglas *If-Then*.

##### **Escala lingüística:**

Se trata de las definiciones de las distintas valoraciones lingüísticas, así como también los números difusos correspondientes para cada probabilidad, impacto y factor de riesgo, de acuerdo con las funciones de pertenencia difusas de geometría triangular como se puede ver en Tabla 40. Estas valoraciones de la probabilidad e impactos también son utilizadas por el evaluador para calificar los riesgos.

En la Tabla 40 se pueden observar las cinco valoraciones lingüísticas: "muy baja", "baja", "media", "alta" y "muy alta", que describen las tres variables del proceso [68]. En las Tabla 41 y 42 se describen las reglas definidas.

Tabla 40. Escala lingüística: escala utilizada en la estrategia para la priorización del riesgo.

<b>Entrada 1: probabilidad del riesgo(P)</b>		
(0.0, 0.0, 0.3)	Muy Baja (MB)	Es poco probable que ocurra
(0.1, 0.3, 0.5)	Baja (B)	Es probable que ocurra una vez durante el ciclo de vida del proyecto
(0.3, 0.5, 0.7)	Media (M)	Ocurre ocasionalmente
(0.5, 0.7, 0.9)	Alta (A)	Ocurre con frecuencia
(0.7, 1.0,1.0)	Muy Alta (MA)	Es casi inevitable que ocurra
<b>Entrada 2: impacto del Riesgo (I)</b>		
(0.0, 0.0, 0.3)	Muy Baja (MB)	No existe retraso ni daño a la estructura
(0.1, 0.3, 0.5)	Baja(B)	Ligero daño o retraso
(0.3, 0.5, 0.7)	Media(M)	Algunos retrasos. Daños Intermedios
(0.5, 0.7, 0.9)	Alta (A)	Retrasos y daños. Considerables
(0.7, 1.0,1.0)	Muy alta (MA)	Daños irre recuperables
<b>Salida: factor de Riesgo (R)</b>		
(0.0, 0.0, 0.3)	Muy Baja (MB)	Despreciable
(0.1, 0.3, 0.5)	Baja(B)	Tolerable
(0.3, 0.5, 0.7)	Media(M)	Nivel medio. Requiere gestión de riesgos
(0.5, 0.7, 0.9)	Alta (A)	Sustancias e intolerable
(0.7, 1.0,1.0)	Muy alta (MA)	Riesgo prioritario

Escala lingüística [68].

Tabla 41. Reglas definidas: tabla utilizada para la operación de las reglas en la priorización del riesgo.

		<b>Probabilidad</b>				
		MB	B	M	A	MA
<b>Impacto</b>	MB	MB	MB	MB	B	B
	B	MB	MB	B	B	M
	M	B	B	B	M	A
	A	B	B	M	A	A
	MA	B	B	M	A	MA

Reglas definidas [68].

Tabla 42. Reglas difusas: inferencia difusa empleada en la priorización del riesgo.

<b>Orden</b>	<b>Reglas difusas</b>
1	Si la <b>Probabilidad</b> es Muy Baja y el <b>Impacto</b> es Muy Bajo, el <b>Factor de Riesgo</b> es Muy Bajo.
2	Si la <b>Probabilidad</b> es Baja y el <b>Impacto</b> es Muy Bajo, el <b>Factor de Riesgo</b> es Muy Bajo.



3	Si la <b>Probabilidad</b> es Media y el <b>Impacto</b> es Muy Bajo, el <b>Factor de Riesgo</b> es Muy Bajo.
4	Si la <b>Probabilidad</b> es Alta y el <b>Impacto</b> es Muy Bajo, el <b>Factor de Riesgo</b> es Muy Bajo.
5	Si la <b>Probabilidad</b> es Muy Alta y el <b>Impacto</b> es Muy Bajo, el <b>Factor de Riesgo</b> es Bajo.
6	Si la <b>Probabilidad</b> es Muy Baja y el <b>Impacto</b> es Bajo, el <b>Factor de Riesgo</b> es Muy Bajo.
7	Si la <b>Probabilidad</b> es Baja y el <b>Impacto</b> es Bajo, el <b>Factor de Riesgo</b> es Muy Bajo.
8	Si la <b>Probabilidad</b> es Media y el <b>Impacto</b> es Bajo, el <b>Factor de Riesgo</b> es Bajo.
9	Si la <b>Probabilidad</b> es Alta y el <b>Impacto</b> es Bajo, el <b>Factor de Riesgo</b> es Bajo.
10	Si la <b>Probabilidad</b> es Muy Alta y el <b>Impacto</b> es Bajo, el <b>Factor de Riesgo</b> es Medio.
11	Si la <b>Probabilidad</b> es Muy Baja y el <b>Impacto</b> es Medio, el <b>Factor de Riesgo</b> es Bajo.
12	Si la <b>Probabilidad</b> es Baja y el <b>Impacto</b> es Medio, el <b>Factor de Riesgo</b> es Bajo.
13	Si la <b>Probabilidad</b> es Media y el <b>Impacto</b> es Medio, el <b>Factor de Riesgo</b> es Bajo.
14	Si la <b>Probabilidad</b> es Alta y el <b>Impacto</b> es Medio, el <b>Factor de Riesgo</b> es Medio.
15	Si la <b>Probabilidad</b> es Muy Alta y el <b>Impacto</b> es Medio, el <b>Factor de Riesgo</b> es Alto.
16	Si la <b>Probabilidad</b> es Muy Baja y el <b>Impacto</b> es Alto, el <b>Factor de Riesgo</b> es Bajo.
17	Si la <b>Probabilidad</b> es Baja y el <b>Impacto</b> es Alto, el <b>Factor de Riesgo</b> es Bajo.
18	Si la <b>Probabilidad</b> es Media y el <b>Impacto</b> es Alto, el <b>Factor de Riesgo</b> es Medio.
19	Si la <b>Probabilidad</b> es Alta y el <b>Impacto</b> es Alto, el <b>Factor de Riesgo</b> es Alto.
20	Si la <b>Probabilidad</b> es Muy Alta y el <b>Impacto</b> es Alto, el <b>Factor de Riesgo</b> es Alto.
21	Si la <b>Probabilidad</b> es Muy Baja y el <b>Impacto</b> es Muy Alto, el <b>Factor de Riesgo</b> es Bajo.
22	Si la <b>Probabilidad</b> es Baja y el <b>Impacto</b> es Muy Alto, el <b>Factor de Riesgo</b> es Bajo.
23	Si la <b>Probabilidad</b> es Media y el <b>Impacto</b> es Muy Alto, el <b>Factor de Riesgo</b> es Medio.
24	Si la <b>Probabilidad</b> es Alta y el <b>Impacto</b> es Muy Alto, el <b>Factor de Riesgo</b> es Alto.
25	Si la <b>Probabilidad</b> es Muy Alta y el <b>Impacto</b> es Muy Alto, el <b>Factor de Riesgo</b> es Muy Alto.

Reglas difusas [68].

Para finalizar la fase preparatoria del método, se incluye en la siguiente figura un diagrama que muestra los distintos elementos del sistema y cómo interactúan. Con esto, se da a entender que este fue el modelo que se montó en la herramienta *Fuzzy Logic Toolbox* de Matlab para la priorización de los riesgos, a diferencia de lo que proponemos, que es diseñar un motor de inferencia difusa que se procese en el lenguaje de *Python*, reciba las variables de entradas a través de un formulario que le permita interactuar con los evaluadores y, de acuerdo con lo que decida el evaluador, esa información será procesada por una base de conocimiento que permita decidir cuáles son los valores nítidos que realmente recibirá el motor de inferencia.

La construcción del modelo y las reglas *If-Then*, se realizó en la herramienta *Fuzzy Logic Toolbox* de Matlab, Ilustración .

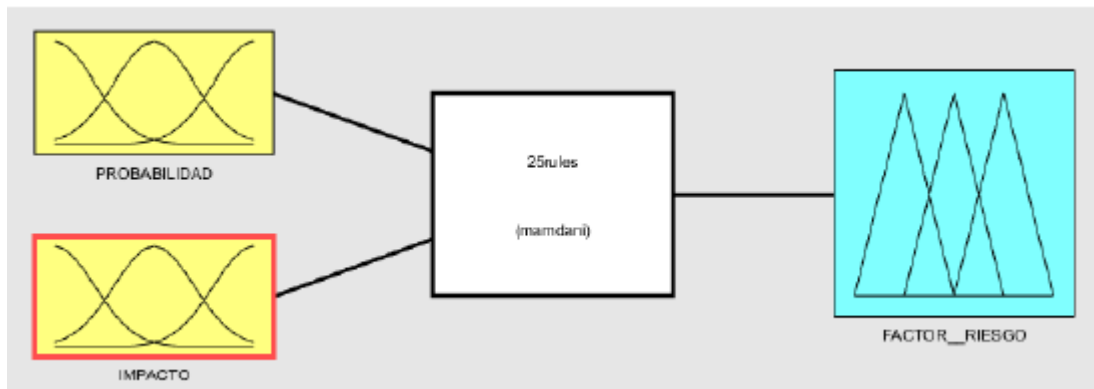


Ilustración 29. Construcción del modelo: estructura utilizada en la práctica modelo guía.  
Fuente: Estructura difusa propuesta por [68].

### 6.1.2 Aplicación del algoritmo de evaluación

La aplicación del algoritmo de evaluación es el proceso que se aplica para el cálculo de las variables de entrada. La fase de agregación tomará las distintas evaluaciones individuales de cada uno de los individuos y las acoplará, formando una unidad de información colectiva.

La decisión principal dependerá por lo tanto de la conveniencia de realizar la agregación de las entradas (media de los valores difusos de probabilidad e impacto evaluados por los distintos expertos para cada riesgo), o de las salidas (media aritmética de los factores de riesgo). Dicho de otro modo, la diferencia entre ambas formas de proceder se hallará en que una agregación anterior a la aplicación de las reglas *If-Then* combinará los valores difusos, mientras que una posterior, por el contrario, agregará los números clásicos, nítidos o *crisp*.

#### 6.1.2.1 Agregación de las entradas:

Para poder realizar la agregación de las entradas de un riesgo, primero se suman aritméticamente los distintos valores representados mediante números difusos para cada uno de los expertos, y después se divide entre el número de expertos total, usando la Ecuación 3.

$$A1 + A2 + A3 + A4 = (a1 + a2 + a3 + a4 , b1 + b2 + b3 + b4 , c1 + c2 + c3 + c4 + d1 + d2 + d3 + d4).$$

Ecuación 3. Expresión suma difusa: empleada en la agregación a la entrada para la suma de los elementos.

Siendo A1 la probabilidad o el impacto evaluados por un experto, y A2, A3 y A4 por los otros expertos para el mismo riesgo. Después se dividirá entre el número de expertos (4 en este caso), concluyendo así la agregación para ese riesgo.

#### **6.1.2.2 Agregación de las salidas:**

En esta otra situación, el procedimiento es más sencillo, ya que estamos operando con números clásicos, nítidos o *crisp*. La obtención del Factor de Riesgo (R) se llevaría a cabo mediante la media aritmética de los resultados obtenidos por cada experto, como se puede ver en la ecuación 4, Expresión n10.

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{Ri}{n}$$

Ecuación 4. Media aritmética: agregación de las salidas, empleada en la solución de la estrategia de investigación.

Siendo n el número de expertos, Ri el Factor de Riesgo obtenido por cada experto i-ésimo y R el Factor de Riesgo resultado de la agregación.

#### **6.1.3 Aplicación Uniexperto**

Este método hace un paralelo en la forma de evaluar los riesgos. El uniexperto consiste en que cada evaluador en particular evalúa el riesgo individualmente y cada evaluación individual del equipo evaluador se envía por cada riesgo, es decir, que, si son cuatro evaluadores, se reciben cuatro evaluaciones por cada variable de entrada de dicho riesgo al motor de inferencia. Mientras que, en el multiexperto, aunque cada evaluador evalúa el riesgo individualmente, se unen todas las evaluaciones del equipo evaluador para llegar a un número difuso triangular por cada variable a través de la operación aritmética de la suma difusa.

En este caso, se tiene en cuenta la opinión individual de solamente un experto a la hora de evaluar cada riesgo. En la

Tabla 18 y Tabla 19 se pueden observar las distintas valoraciones lingüísticas en función del experto y su transformación a números difusos según el modelo. El resumen de esta metodología o proceso concreto se explica en la Tabla 43.

Tabla 18. Metodología aplicada: evaluación individual por experto.

Orden	Metodología Actual
1	Cada uno de los expertos calificará la probabilidad e impacto de acuerdo con la escala lingüística-difusa ya definida.
2	Agregación de las entradas si procede o no.
3	Introducción de los valores de Probabilidad (P) e Impacto (I) en la <i>Fuzzy Logic Toolbox</i> .
4	Obtención del Factor de Riesgo (R).
5	Agregación de las salidas y en caso de que no se haya realizado la entrada.
6	Jerarquización de los riesgos en función de sus Factores de Riesgo (R).

**Definición de la Probabilidad (P).** Para el ejemplo uniexperto, cada evaluador califica un riesgo individualmente; cada conjunto difuso es un término lingüístico y corresponde a un número difuso en particular que se asigna de acuerdo con la escala lingüística, como se puede ver en Tabla 40; cada evaluador individualmente define la calificación para cada uno de los riesgos como se puede ver en la Tabla 19.

Tabla 19. Definición de la probabilidad: evaluación individual de los expertos.

<b>Probabilidad (P). Experto: ingeniero civil</b>		
Riesgo	Término lingüístico	Número difuso
Ausencia de proceso adecuado	Baja (B)	(0.1,0.3,0.5)
Falta de recursos	Media (M)	(0.3,0.5,0.7)
Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	Media (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
Falta de motivación y actividades	Media (M)	(0.3,0.5,0.7)
<b>Probabilidad (P). Experto: arquitecto</b>		
Riesgo	Termino lingüístico	Numero difuso
Ausencia de proceso adecuado	Baja (B)	(0.1,0.3,0.5)
Falta de recursos	Media (M)	(0.3,0.5,0.7)
Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	Media (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
Falta de motivación y actividades	Alta	(0.5, 0.7, 0.9)
<b>Probabilidad (P). Experto: arqueólogo</b>		

Riesgo		
Ausencia de proceso adecuado	Media (M)	(0.3,0.5,0.7)
Falta de recursos	Alta	(0.5, 0.7, 0.9)
Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	Baja (B)	(0.1,0.3,0.5)
Falta de motivación y actividades	Alta	(0.5, 0.7, 0.9)
<b>Probabilidad (P). Experto: project manager</b>		
Riesgo		
Ausencia de proceso adecuado	Media (M)	(0.3,0.5,0.7)
Falta de recursos	Media (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	Media (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
Falta de motivación y actividades	Alta	(0.5, 0.7, 0.9)

Definición de la probabilidad [68].

**Definición del Impacto (I).** Para el ejemplo uniexperto, para la calificación del impacto, de igual manera que en el anterior, cada evaluador califica un riesgo individualmente, que se asigna de acuerdo con la escala lingüística como se puede ver en tabla 13; cada evaluador individualmente define la calificación para cada uno de los riesgos como se puede ver en la Tabla 45.

Tabla 20. Definición del impacto: evaluación individual de los expertos.

<b>Impacto (I). Experto: ingeniero civil</b>		
Riesgo	Termino lingüístico	Numero difuso
Ausencia de proceso adecuado	Baja (B)	(0.1,0.3,0.5)
Falta de recursos	Muy bajo (MB)	(0.0,0.0,0.3)
Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	Media (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
Falta de motivación y actividades	Media (M)	(0.3,0.5,0.7)
<b>Impacto (I). Experto: arquitecto</b>		
Riesgo	Termino lingüístico	Numero difuso
Ausencia de proceso adecuado	Muy bajo (MB)	(0.0,0.0,0.3)
Falta de recursos	Media(M)	(0.3,0.5,0.7)
Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	Alta	(0.5, 0.7, 0.9)
Falta de motivación y actividades	Baja (B)	(0.1,0.3,0.5)
<b>Impacto (I). Experto: arqueólogo</b>		
Riesgo		
Ausencia de proceso adecuado	Media(M)	(0.3,0.5,0.7)
Falta de recursos	Media(M)	(0.3,0.5,0.7)
Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	Media(M)	(0.3,0.5,0.7)

Falta de motivación y actividades	Media(M)	(0.3,0.5,0.7)
<b>Impacto (I). Experto: project manager</b>		
Riesgo		
Ausencia de proceso adecuado	Alta	(0.5, 0.7, 0.9)
Falta de recursos	Baja (B)	(0.1,0.3,0.5)
Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	Alta	(0.5, 0.7, 0.9)
Falta de motivación y actividades	Alta	(0.5, 0.7, 0.9)

Definición del impacto [68].

Después, tras introducir los valores de las distintas probabilidades y riesgos en la *Fuzzy Logic Toolbox*, se han obtenido los factores de riesgo, que se recogen en la Tabla 21.

Por cada experto se tiene un resultado para el mismo riesgo, como se puede ver en la Tabla 21, para luego aplicar agregación a la salida y obtener un solo resultado por riesgo que se aplicará más adelante la agregación a la salida.

Tabla 21. Factor del riesgo: resultado con la agregación a la salida.

<b>Factor de riesgo</b>	<b>Ausencia de proceso adecuado</b>	<b>Falta de recursos</b>	<b>Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo</b>	<b>Falta de motivación y actitudes</b>
Ingeniero Civil	0.0967	0.1060	0.3000	0.3000
Arquitecto	0.1060	0.3000	0.5000	0.3000
Arqueólogo	0.3000	0.5000	0.3000	0.5000
Project Manager	0.5000	0.3000	0.5000	0.7000

Factor del riesgo [68].

#### 6.1.4 Aplicación Multiexperto

**Multiexperto agregando las entradas.** Este procedimiento se llevará a cabo tal y como aparece descrito en la sesión de agregación a la entrada, quedando reflejados los resultados obtenidos en las

Tabla 22, Tabla. Se ha obtenido primero la probabilidad e impacto agregados para cada riesgo y después el factor de riesgo resultante.

El procedimiento ocurre de la siguiente manera: se toman todas las evaluaciones por cada riesgo formando una matriz, se suma cada columna de forma vertical formando un vector y luego se divide por 4, tal cual como se puede ver en el ejemplo de la Tabla 47, donde se explica manualmente el procedimiento de cómo es que se procesa la información.

En el ejemplo, para explicar, se toma el primer riesgo y todas las evaluaciones de los evaluadores, se suma cada vector verticalmente y se obtiene la unidad de información para este riesgo por cada variable de entrada (en este caso, el resultado para la probabilidad es de [0.2;0.4;0.6] y para el impacto [0.225;0.38;0.6], y así sucesivamente se procesa la información para los demás riesgos como se puede ver en los resultados de la tabla 47.

Finalmente, esta es la variable cualitativa que se le envía a la base de conocimiento y luego convierte en número nítido, que es valor cuantitativo que recibe el motor de inferencia de datos en las variables de entrada en el modelo propuesto; en el trabajo modelo guía simplemente se usa el *Fuzzy Logic* de Matlab.

Tabla 47. Agregación a la entrada: explicación manual del método.

<b>Probabilidad</b>	<b>Evaluadores</b>	<b>Termino lingüístico</b>	<b>Conjunto difuso</b>		
Ausencia de proceso adecuado	E1	Baja (B)	0.1	0.3	0.5
Ausencia de proceso adecuado	E2	Baja (B)	0.1	0.3	0.5
Ausencia de proceso adecuado	E3	Media (M)	0.3	0.5	0.7
Ausencia de proceso adecuado	E4	Media (M)	0.3	0.5	0.7
Sumatoria difusa			0.8	1.6	2.4
Número de evaluador (divisor)			4	4	4
<b>Resultado del conjunto difuso</b>			<b>0.2</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>
<b>Impacto</b>	<b>Evaluadores</b>	<b>Termino lingüístico</b>	<b>Conjunto difuso</b>		
Ausencia de proceso adecuado	E1	Baja (B)	0.1	0.3	0.5
Ausencia de proceso adecuado	E2	Muy bajo (MB)	0	0	0.3
Ausencia de proceso adecuado	E3	Media (M)	0.3	0.5	0.7
Ausencia de proceso adecuado	E4	Alto (A)	0.5	0.7	0.9
Sumatoria difusa			0.9	1.5	2.4
Numero de evaluador (divisor)			4	4	4
<b>Resultado del conjunto difuso</b>			<b>0.225</b>	<b>0.38</b>	<b>0.6</b>

Agregación a la entrada [68].

Tabla 48. Probabilidad: calificación de los evaluadores probabilidad.

<b>Probabilidad Agregada (P)</b>	
<b>Riesgo</b>	<b>Número difuso</b>
Ausencia de proceso adecuado	(0.2,0.4,0.6)
Falta de recurso	(0.35,0.55,0.75)
Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	(0.25,0.45,0.65)
Falta de motivación y actitudes	(0.6, 0.65, 0.85)

Probabilidad [68].

Tabla 49. Variables de Impacto: calificación de los expertos del impacto.

<b>Impacto Agregada (I)</b>	
<b>Riesgo</b>	<b>Numero difuso</b>
Ausencia de proceso adecuado	(0.225, 0.375, 0.6)
Falta de recurso	(0.175, 0.325, 0.550)
Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	(0.4, 0.6, 0.8)
Falta de motivación y actitudes	(0.3, 0.5, 0.7)

Variables de Impacto [68].

Una vez se tienen todos los conjuntos difusos por cada riesgo, como se muestra en la Tabla y Tabla, esta información es procesada en la herramienta de diseño de Matlab, es decir, el Fuzzy Logic Toolbox de Matlab, y se obtiene el siguiente resultado, Tabla, cosa que en el modelo propuesto se hace a través de una base de conocimiento y un motor de inferencia difusa.

Tabla 50. Información procesada: resultado final de la priorización del riesgo.

<b>Riesgo</b>	<b>Ausencia de proceso adecuado</b>	<b>Falta de recursos</b>	<b>Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo</b>	<b>Falta de motivación y actitudes</b>
Factor de riesgo	0.2240	0.3580	0,4000	0,5000

Información procesada [68].

**Multiexperto agregando las salidas.** En este caso se ha llevado a cabo el procedimiento aplicando el modelo para cada experto y después se realiza la agregación a las salidas mediante la media aritmética de los factores de riesgo obtenidos, como se describe en el apartado de la sesión de agregación a la salida.



El procedimiento ocurre de la siguiente manera: se tomarán todos los resultados de cada riesgo, se suma cada columna y luego se divide por 4, tal cual como se puede ver en el ejemplo de la Tabla, donde se explica manualmente el procedimiento de procesamiento de la información. Se obtiene el resultado final para cada riesgo (Tabla 22), en este caso el resultado para el riesgo de **Ausencia de proceso adecuado** (0.2507); de igual manera, se pueden ver los demás resultados en la Tabla .

Tabla 51. Procedimiento del factor de riesgo: ejemplo del procedimiento manual.

<b>FACTOR DE RIESGO</b>	<b>Ausencia de proceso adecuado</b>	<b>Falta de recursos</b>	<b>Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo</b>	<b>Falta de motivación y actitudes</b>
E1	0.0967	0.1060	0.3000	0.3000
E2	0.1060	0.3000	0.5000	0.3000
E3	0.3000	0.5000	0.3000	0.5000
E4	0.5000	0.3000	0.5000	0.7000
Sumatoria	1.0027	1.2060	1.6000	1.8000
Numero de evaluadores divisor	4	4	4	4
Resultado	0.2507	0.3015	0.4000	0.4500

Procedimiento del factor de riesgo [68].

Tabla 22. Resultado final: priorización final de los riesgos.

<b>Factor de riesgo</b>	<b>Ausencia de proceso adecuado</b>	<b>Falta de recursos</b>	<b>Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo</b>	<b>Falta de motivación y actitudes</b>
Ingeniero civil	0.0967	0.1060	0.3000	0.3000
Arquitecto	0.1060	0.3000	0.5000	0.3000
Arqueólogo	0.3000	0.5000	0.3000	0.5000
Project manager	0.5000	0.3000	0.5000	0.7000
Agregado	0.2507	0.3015	0.4000	0.4500

Resultado final [68].

### 6.1.5 Evaluación de los resultados

A la vista de los resultados obtenidos mediante el método multiexperto, en la Tabla 22 se recogen los distintos Factores de Riesgo (R) en función de si la agregación ha tenido lugar al principio o al final del proceso.

Tabla 53. Comparación de los dos métodos: evaluación de los resultados.

Factor de riesgo	Ausencia de proceso adecuado	Falta de recursos	Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo	Falta de motivación y actitudes
Agregación entradas	0.2240	0.3580	0.4000	0.5000
Agregación de salidas	0.2507	0.3015	0.4000	0.4500

Comparación de los dos métodos [68].

Se puede observar cómo la diferencia cuantitativa entre ambos procedimientos multiexperto es menor a 0,5 para todos los riesgos, ya que las mayores discrepancias tendrán como causa la subjetividad que presenta cada experto. Tabla.

Se puede concluir que, a la vista de los resultados obtenidos, se ha llevado a cabo una ordenación de mayor a menor prioridad de actuación de los riesgos, evaluados en función de ambas soluciones agregadas, como se presenta en la Tabla .

Tabla 54. Conclusión: resultado final del paralelo de los dos métodos.

<b>Factor de riesgo</b>		<b>Prioridad de los riesgos</b>
Agregación a las entradas	Agregación a las salidas	
0.5000	0.4500	Falta de motivación y actitudes
0.4000	0.4000	Insuficiente experiencia de los integrantes del equipo
0.3580	0.3015	Falta de recursos
0.2240	0.2507	Ausencia de proceso adecuado

Conclusión [68].

Se puede observar como el riesgo "falta de motivación y actitudes" es aquel con más importancia, seguido por "insuficiente experiencia de los integrantes del equipo". Se trata de riesgos más relacionados con los individuos que participan en el proyecto, que con el aspecto técnico de la rehabilitación del edificio.

Con los resultados obtenidos, un buen Project Manager se encargará de disminuir la probabilidad y el impacto de estos riesgos en el presente proyecto, haciendo especial énfasis en el aspecto humano de su equipo.

## 6.2 DISEÑO DEL MOTOR DEL NIVEL DE RIESGO

Esta fase de la metodología básicamente se soporta en los trabajos de Masmela [55] y Angarita, Tabares y Ríos [56], y la escogencia particular de piezas de información de dichos

trabajos exclusivamente para el soporte de la aplicabilidad. Así, también, estas piezas de información seleccionadas están soportadas por los otros artículos seleccionados que tratan la gestión de riesgo cuantitativa con lógica difusa.

Para la implementación del método de Mandani se requiere de expertos evaluadores para definir todo el proceso de parametrización para la configuración de un motor de lógica difusa. Dado que no se tenga el apoyo disponible de estos expertos para llevar a cabo dicha tarea, se pueden remplazar los expertos por la literatura, como se ha llevado a cabo en este caso.

Por tanto, las piezas de información y metodología tomadas del trabajo de Masmela [55] son las siguientes: se tomó toda la parametrización de las variables de entrada, la variable de salida con sus respectivos conjuntos difusos, funciones y reglas, a excepción del cálculo de la variable de entrada, que corresponde a la evaluación del riesgo diferido en tres puntos que no ameritan apreciación, en evaluación de riesgo, inferencia difusa y cálculo total de variable.

La definición de las variables de entrada de aplicados en la solución de la estrategia se presentan en la Tabla, Tabla, Tabla 5 y Tabla 5).

Tabla 55. Definición de las variables de entrada: conjuntos difusos aplicados en la solución de la estrategia.

<b>Probabilidad de riesgo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Numero difuso triangular</b>
Muy bajo (VL)	Muy poco probable que suceda (0-10%)	(0,0,2.5)
Bajo (L)	Ocurrencia es poco probable (11-30%)	(0,2.5,5)
Medio (M)	Probable que ocurra (31-60%)	(2.5,5.7,7.5)
Alto (H)	Muy probable que ocurra (61-90%)	(5,7.5,10)
Muy Alto (VH)	La Ocurrencia es inevitable	(7.5,10,10)

Definición de las variables de entrada [55].

Tabla 56. Definición de la variable gravedad del riesgo: conjuntos difusos aplicados en la solución de las estrategias.

<b>Gravedad del riesgo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Numero difuso Triangular</b>
Muy bajo (VL)	Nada de retrasos o retrasos entre 5 días	(0,0,2.5)
Bajo (L)	Leve retraso entre 6-12 días	(0,2.5,5)
Medio (M)	Retraso moderado entre 13-21 días	(2.5,5.7,7.5)
Alto (H)	Retraso considerable entre 3-5 semanas	(5,7.5,10)
Muy Alto (VH)	Retraso serio en más de 5 semanas	(7.5,10,10)

Definición de la variable gravedad del riesgo [55].

Tabla 57. Variable consecuencia económica: conjuntos difusos aplicados en la solución de la estrategia.

<b>Consecuencia económica</b>	<b>Descripción</b>	<b>Numero difuso Triangular</b>
Marginal (VL)	US10.000(marginal)	(0,0,2.5)
Importante(L)	US10.000-100.000(importante)	(0,2.5,5)
Severo(M)	US100.000-1 millón(severo)	(2.5,5.7,7.5)
Grave(H)	US1 millón-10millon(grave)	(5,7.5,10)
Catastrófica (VH)	>US10millon (catastrófica)	(7.5,10,10)

Variable consecuencia económica [55].

La definición de la variable de salida, aplicada en la solución de la estrategia se muestra en la Tabla 58.

Tabla 58. Variables magnitud del riesgo: conjuntos difusos aplicados en la solución de la estrategia

<b>Magnitud del riesgo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Número difuso triangular</b>
Negligente (N)	Riesgo aceptable	(0,0,1,3)
Menor(M)	El riesgo es tolerable. Control de riesgo debe ser emprendido si es rentable hacerlo	(1,3,4,6)
Mayor(M)	El riesgo debe reducirse si es razonablemente practicable de hacerlo	(4,6,7,9)
Crítico(C)	El riesgo debe ser reducido, salvo en circunstancias excepcionales	(7,9,10,10)

Variables magnitud del riesgo [55].

Criterios de selección del grado de pertenencia cuando se corta en el mismo conjunto difuso, como se puede ver en la Ilustración 30, siempre se selecciona el de mayor grado de pertenencia.

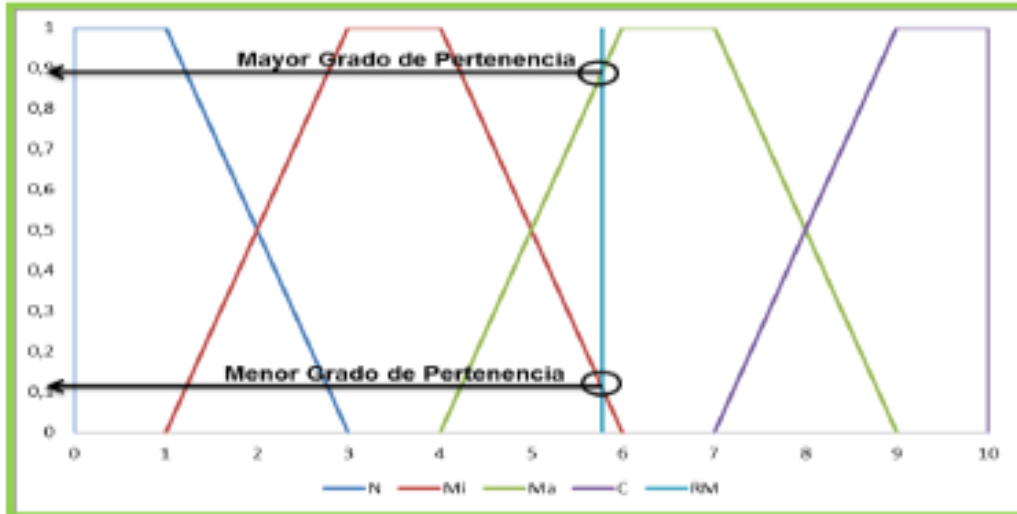


Ilustración 30. Criterio de selección. Ejemplo de selección de grado de pertenencia.

Criterio de selección [55].

### 6.2.1 Metodología para la evaluación del riesgo

- Evaluación de expertos: un número determinado de expertos realiza la evaluación de los riesgos identificados con respecto a las variables de entrada, definidas con sus etiquetas lingüísticas, como se pueden ver en las tablas 24, 25 y 26. Estas evaluaciones son transformadas en un número difuso trapezoidal.
- Promedio de evaluaciones de los expertos por cada riesgo y categoría: el proceso ocurre de la siguiente manera: se toma toda la data de los evaluadores, se forma una matriz y se suma columna por columna formando un vector y luego se divide por el número de evaluadores para llegar a un número difuso por cada variable.
- Cálculo de la variable de entrada total: como cada riesgo tiene un peso asociado que lo relaciona con la totalidad de los riesgos, el resultado promedio de las evaluaciones de las variables de entrada es multiplicado por el peso generado en la priorización del riesgo y luego sumado, para conseguir un solo valor por cada variable. Al emplear el peso asociado a cada riesgo, la evaluación se hace completamente objetiva y cercana a la realidad de las condiciones de los riesgos.
- Inferencia Difusa: el valor promedio de las variables de entrada efectúa el proceso de inferencia difusa, que consiste en ingresar el número difuso trapezoidal generado a su respectiva gráfica para observar y anotar el grado de pertenencia a las funciones de esta variable de entrada. Se toma aquella con la que se cruza y en caso de que se cruce dos o más veces con una misma función, se toma la que tenga mayor grado de pertenencia, así como se muestra en la Ilustración 3.

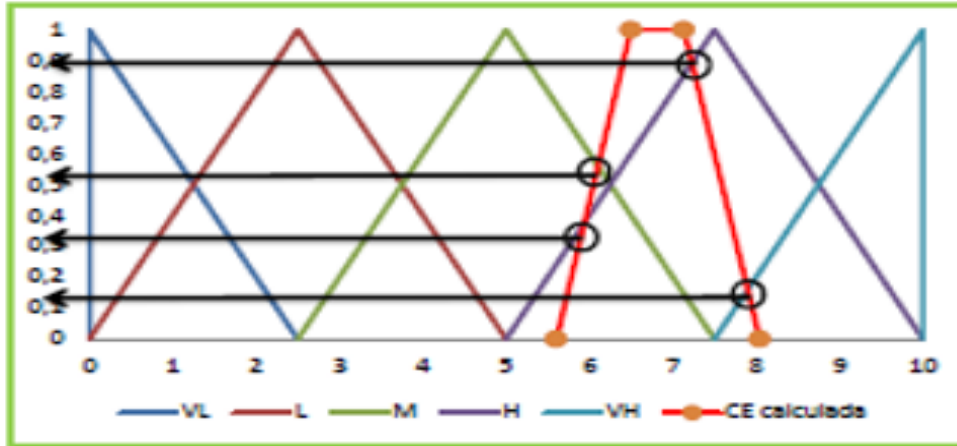


Ilustración 31. Grado de pertenencia: criterio para seleccionar el grado de pertenencia [55].

- Procedimiento de cálculo de la variable de entrada: para la multiplicación se forma un vector multiplicando cada término del vector por el peso global. Por ejemplo: dado el vector (0,5;3;3;5,5), que es el primer número difuso de la tabla obtenido del promedio de los evaluadores, resulta de multiplicar 0,5 por 0,081 = 0,041; 3 por 0,081 = 0,243; 3 por 0,081 = 0,243; 5,5 por 0,081 = 0,446. Luego, se aplica la suma difusa en forma de matriz, columna por columna, como se puede ver en la Tabla 59, obteniendo la primera columna 1,627.

Tabla 59. Variable de entrada: procedimiento del cálculo de la variable de entrada.

	<b>Prom. Exp.</b>	<b>Peso Global</b>	<b>Prom. Pond.</b>
F1	(0,5;3;3;5,5)	0,081	(0,041;0,243;0,243;0,446)
F2	(0;2,5;2,55;5)	0,076	(0,000;0,190;0,190;0,380)
F3	(0;2,5;2,55;5)	0,054	(0,000;0,135;0,135;0,249)
F4	(1;3,5;3,5;6)	0,042	(0,042;0,145;0,145;0,249)
F5	(2;4,5;4,5;7)	0,074	(0,147;0,331;0,331;0,515)
F6	(1;3,5;3,5;6)	0,073	(0,073;0,254;0,254;0,436)
F7	(4,5;7;7;9,5)	0,067	(0,300;0,467;0,467;0,633)
F8	(1;3,5;3,5;6)	0,044	(0,044;0,155;0,155;0,266)
F9	(0;2,5;2,5;5)	0,062	(0,000;0,156;0,156;0,312)
F10	(1,5;4;4;6,5)	0,060	(0,090;0,241;0,241;0,391)
F11	(1;3,5;3,5;6)	0,042	(0,042;0,147;0,147;0,253)
F12	(1;3,5;3,5;6)	0,031	(0,031;0,109;0,109;0,186)
F13	(1,5;4;4;6,5)	0,050	(0,075;0,200;0,200;0,324)
F14	(1,5;4;4;6,5)	0,042	(0,064;0,170;0,170;0,276)
F15	(5;7,5;7,5;10)	0,035	(0,071;0,160;0,160;0,248)
F16	(5;7,5;7,5;10)	0,031	(0,153;0,230;0,230;0,307)
F17	(3;5,5;5,5;8)	0,043	(0,128;0,234;0,234;0,341)
F18	(4;5;7;7;9,5)	0,041	(0,184;0,287;0,287;0,389)
F19	(4;6,5;6,5;9)	0,030	(0,120;0,196;0,196;0,271)

F20	(1;3,5;3,5;6)	0,020	(0;022;0,077;0,077;0,132)
			(1,627;4,127;4,127;6,627)

Variable de entrada [55].

Probabilidad de riesgo = (1,627;4,127;4,127;6,627)

Representación del número difuso trapezoidal como variable de entrada (Ilustración 32)

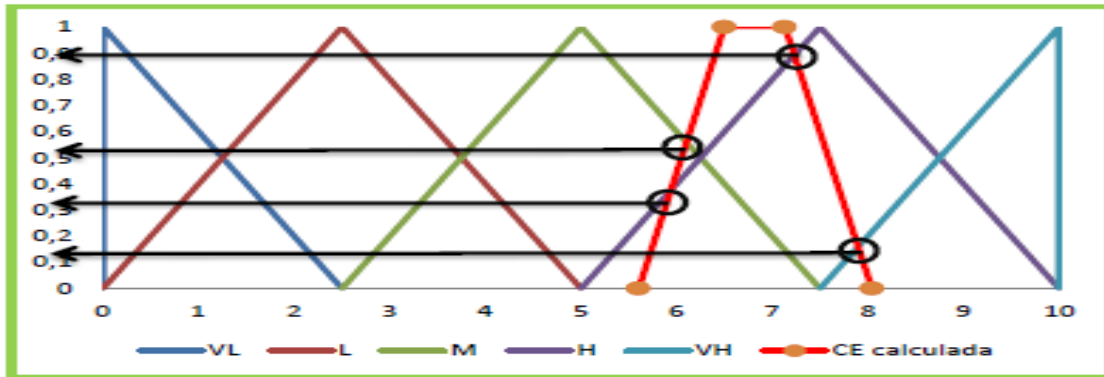


Ilustración 32. Numero difuso: representación del número difuso trapezoidal [55].

Probabilidad de riesgo = ((VL0,1746),(L 0,6746),(M 0,8254),(H 0,3254))

- Reglas difusas: en la Tabla se describen las reglas difusas en la forma If-Then en una combinación de salida en la siguiente forma, siendo CE la consecuencia económica, Gr la gravedad del riesgo y PI la probabilidad del riesgo. Las partes en la premisa están conectadas con el operador *and*, lo que implica que el valor RM que activa la variable de salida, para este caso la magnitud total de riesgo se puede obtener por medio la operación difusa (mínimo).

*RM<sup>A</sup>: If CE es VL y GR es VH y PL es VL luego RM es Mi.*

Tabla 60. Reglas difusas: reglas difusas aplicadas en la solución de la estrategia.

Consecuencia económica	Gravedad del riesgo	Probabilidad del riesgo				
		VL(MB)	L(B)	M(M)	H(A)	VH(A)
Marginal (VL)	VH	MI	MI	Ma	C	C
	H	N	MI	Mi	Ma	C
	M	N	N	Mi	Mi	Ma
	L	N	N	N	Mi	Mi
	VL	N	N	N	N	Mi
Consecuencia económica	Gravedad del riesgo	Probabilidad del riesgo				
		VL(MB)	L(B)	M(M)	H(A)	VH(A)
Importante(L)	VH	Mi	MI	Ma	C	C
	H	N	N	Ma	C	C
	M	N	N	Mi	Ma	C
	L	N	N	Mi	Mi	Ma

	VL	N	N	N	Mi	Mi
<b>Consecuencia económica</b>	<b>Gravedad del riesgo</b>	<b>Probabilidad del riesgo</b>				
		VL(MB)	L(B)	M(M)	H(A)	VH(A)
Severo(M)	VH	Mi	Mi	Ma	C	C
	H	MI	Mi	Ma	C	C
	M	N	Mi	Ma	Ma	C
	L	N	Mi	Ma	Ma	Ma
	VL	N	N	MI	Ma	Ma
<b>Consecuencia económica</b>	<b>Gravedad del riesgo</b>	<b>Probabilidad del riesgo</b>				
		VL(MB)	L(B)	M(M)	H(A)	VH(A)
Grave(H)	VH	Mi	Ma	Ma	C	C
	H	MI	Ma	Ma	C	C
	M	Mi	Ma	Ma	C	C
	L	N	Mi	Ma	Ma	C
	VL	N	N	Ma	Ma	Ma
<b>Consecuencia económica</b>	<b>Gravedad del riesgo</b>	<b>Probabilidad del riesgo</b>				
		VL(MB)	L(B)	M(M)	H(A)	VH(A)
Catastrófica (VH)	VH	Mi	Ma	C	C	C
	H	MI	Ma	C	C	C
	M	Mi	Ma	Ma	C	C
	L	Mi	Mi	Ma	Ma	C
	VL	N	Mi	Ma	Ma	C

Reglas difusas [55].

- Defusificación: la variable de salida es un conjunto difuso y la defusificación se usa para convertir este resultado en un valor numérico que representa la magnitud del riesgo, para lo cual se utiliza el método de centro de masa.

El valor conseguido de magnitud del riesgo se ubica en la Ilustración 3 de su etiqueta lingüística para conocer la función con que tenga mayor grado de pertenencia. Para el ejemplo de la figura siguiente, la magnitud total del riesgo tiene un grado de pertenencia del 10% para la función menor y un grado de pertenencia del 90% para la función mayor, es decir, que la magnitud total del riesgo es mayor, y según lo definido en la tabla 27 el riesgo debe reducirse si es razonable hacerlo.



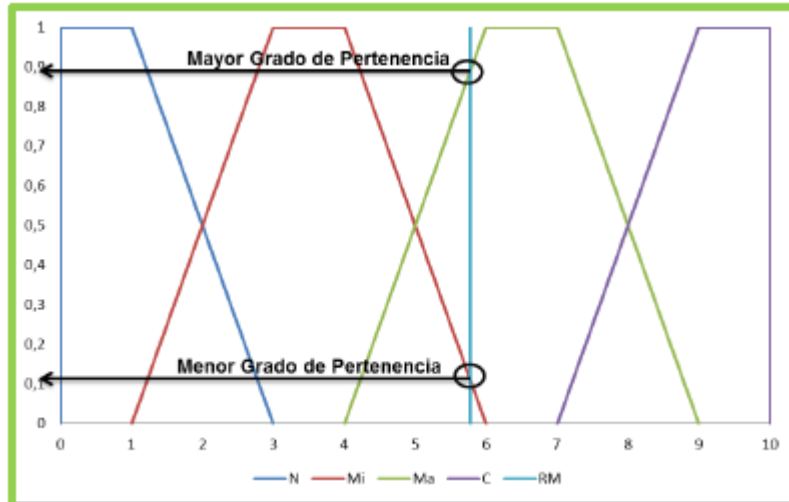


Ilustración 33. Criterio de selección: ejemplo de cómo se selecciona el mayor grado de pertenencia. Criterio de selección [55].

- Análisis del riesgo de mayor oportunidad o amenaza: en este punto se busca examinar los riesgos de alto impacto según las dos categorías establecidas: una de amenaza y otra de oportunidad. Este análisis se efectúa en los casos donde la magnitud del riesgo es diferente a negligente, porque en este caso es donde no se toman acciones para mejorar las condiciones de los riesgos. Para efectuar el análisis de riesgo de mayor oportunidad o amenaza se llevará a cabo un Diagrama de Pareto con el resultado de la priorización del riesgo.
- Diagrama de Pareto: consiste en un gráfico de barra similar al histograma que representa en forma decreciente el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores que afectan un proceso. El análisis de Pareto es una técnica que separa los pocos vitales y los muchos triviales.
- Matriz de administración del riesgo: permite desarrollar respuestas y asignar responsables para el manejo de riesgos. Según los riesgos definidos como amenazas y oportunidades, se describe el plan a seguir: evitar, reducir, asumir, transferir u obtener más información para mejorar las condiciones del riesgo o sacar mayor provecho de este. Un ejemplo de matriz de administración de riesgo está en la Tabla 61. Matriz de riesgo: tratamiento de los riesgos.

Tabla 61. Matriz de riesgo: tratamiento de los riesgos.

Riesgo	Posibles respuestas	Plan de acción	Responsable
Riesgo 1	Evitarlo: eliminar la causa, no aceptar el sistema o la opción propuesta	Acciones para eliminar o evitar las causas	Según la categoría
Riesgo 2	Reducirlo: tomar las medidas necesarias para controlar y	Acciones para mitigar o reducir con un debido	Según la categoría

	continuamente reevaluar los riesgos, y desarrollar planes de contingencia aplicables al caso	control para efectuar reevaluación de las condiciones de los riesgos	
Riesgo 3	Asumirlo: aceptar las consecuencias del riesgo, en caso de que ocurra.	Aceptar el riesgo y sus consecuencias	Según la categoría
Riesgo 4	Transferirlo: compartir los riesgos parcialmente con otros o transferirlos en su totalidad	Asignación de responsables externos o internos para mitigar el impacto de los riesgos	Según la categoría
Riesgo 5	Obtener mayor información: desarrollar pruebas y simulacros, para poder predecir los resultados	Implementación de acciones simuladas para ver la evolución del riesgo tomando estas acciones	Según la categoría

Matriz de riesgo [55].

### 6.2.2 Para el ingreso de los valores de entrada:

La información y metodología para esta actividad es tomada del trabajo de Angarita, Tabares y Ríos [56], con el fin de complementar el proceso de construcción del motor de inferencia de datos para el nivel de riesgo. Este consiste en la entrada de los 3 valores nítidos que va a recibir el motor de inferencia en sus tres variables de entrada, pues como se puede ver del trabajo de Masmela [55], se rechazan los puntos de inferencia y el cálculo de variable de entrada que corresponde a los valores de entrada que se están tomando.

El proceso de evaluación consiste en que el equipo evaluador envía valores nítidos, aunque se pueden enviar números difusos y procesarlos para llegar a un valor nítido, que es lo que finalmente procesa todo el sistema difuso clásico completo con el método de Mandani. Esta forma de evaluar se justifica también con los trabajos de Angarita, Tabares y Ríos [56], Velásquez [57], García [68], Masmela [55]. y Gallardo, Fuentes y González [59]. Este consiste en que se recoge toda la data de los evaluadores y se divide por el número de evaluadores, en este caso 4, para llegar a la unidad; esto se soporta también en la técnica Delphi (Farfan y Marin, [66] y Hernández y Robaina, [67]). En este sentido, si los evaluadores seleccionan 3, 4, 3, 4, se suma  $3+4+3+4=14/4=3.5$ . Este valor final sería el valor de entrada realmente por la respectiva variable, aunque también se pueden usar números difusos de forma cualitativa.

A continuación, se describe el paso a paso del proceso que se utiliza para definir los valores de entrada que reciben las variables, adaptado del trabajo de Angarita, Tabares y Ríos [56]. La metodología consiste en que el equipo evaluador define una tabla con los parámetros para calificar cada riesgo en cada activo seleccionado. Los parámetros para calificar los riesgos de dichos activos para las variables de entrada son (1- insuficiente (I), 2-Bajo (B), 3-Medio (M), 4-Alto (4) (Ver Tabla 62, Tabla y Tabla 23).

Tabla 62. Valoración de la probabilidad: criterios de calificación.

Orden	Valor	Descripción
1	Insignificante(I)	No existe condiciones que impliquen que el hecho se presente
2	Baja(B)	Existen condiciones que hacen muy lejana la posibilidad de que el hecho se presente
3	Mediana (M)	Existen condiciones que hacen poco probable un hecho en el corto plazo pero que no son suficientes para evitarlo en el largo plazo.
4	Alta (A)	La realización del hecho es inminente. No existen condiciones internas y externas que impidan el desarrollo del hecho.

Tabla 63. Valoración del impacto: criterios de calificación.

Orden	Valor	Descripción
1	Insignificante(I)	No causa ningún tipo de impacto o daño al Área o la organización
2	Baja(B)	Causa daño aislado, que no perjudica a ningún componente del Área o de la organización.
3	Mediana (M)	Provoca la desarticulación de un componente del Área o de la organización. Si no se atiende a tiempo, a largo plazo puede provocar la desarticulación de la organización.
4	Alta (A)	En el corto plazo desmoviliza o desarticula a la organización.

Tabla 234. Variables de salida: parámetros para toma de acciones en la variable de salida.

Valor	Descripción
Alto(A)	Se requiere de acciones inmediatas.
Mediana (M)	Se requiere de acciones a mediano plazo.
Bajo (B)	Se requiere de acciones a largo plazo.

- El proceso de evaluación de este trabajo consiste en que el equipo evaluador en conjunto toma todos los activos de sistemas de información para calificar el riesgo. Por ejemplo, en este caso, toman el activo de Información "Servidores".
- Se efectúa la calificación de todos los expertos en conjunto, acorde con los datos que se deben ingresar al prototipo, de acuerdo con la tabla de parámetros.
- La valoración del Impacto para el activo de Información *Servidores* es igual a 4.
- En este formulario se pueden ver los valores que el equipo evaluador calificó a cada riesgo con respecto a la valoración de amenaza, teniendo en cuenta daño físico, compromiso de la información, fallas técnicas, acciones no autorizadas e impacto.

- El vector resultante de la evaluación del equipo evaluador es el siguiente para el vector de entrada [3, 3, 3, 4, 4],
- Tabla 65. Prototipo del modelo: ejemplo de resultado del análisis de riesgo.:

Tabla 65. Prototipo del modelo: ejemplo de resultado del análisis de riesgo.

<b>PROTOTIPO ANÁLISIS DE RIESGO DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN</b>		
Daño físico		3
Compromiso de la información		3
Fallas técnicas		3
Acciones no autorizadas		4
Impacto		4
Evaluador Riesgo	<b>2.75514</b>	Limpiar

La valoración del impacto para el activo de información servidores es igual a 4, como se muestra en la Tabla 66.

Tabla 66. Valoración de las amenazas: valoración de amenazas para el activo servidores

<b>Amenaza</b>	<b>Valoración</b>
Daño físico	3
Compromiso de la información	3
Fallas técnicas	3
Acciones no autorizadas	4

## **CAPÍTULO 7: IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA PROPUESTA**

### **7.1 METODOLOGÍA**

El proceso de implementación de la herramienta siguió una metodología que complementa las etapas para el motor de priorización y el nivel de riesgo. A continuación, se muestran las fases para la implementación de un sistema difuso:

1. *Diseño del sistema difuso:* en esta fase se deben definir las entradas y salidas del sistema, así como la función de membresía para cada una de ellas, y posteriormente agregar las reglas para la inferencia difusa. Se define realizar esta fase en el *fuzzy tool box* de Matlab, ya que permitirá simular el sistema.
2. *Codificación de las funciones de membresía:* es importante llegar a esta etapa luego de haber realizado las pruebas pertinentes al sistema difuso sobre Matlab, y luego se deberán codificar las funciones que se requieran en el diseño, el código que se implemente en el lenguaje de programación de su preferencia y elaborar el algoritmo.
3. *Codificación de reglas:* en esta etapa se desarrolla el código que define las reglas de inferencia difusa utilizadas en el sistema diseñado en el punto *a*, por medio de la codificación de un algoritmo.
4. *Codificación de implicación y agregación:* para estas dos funciones el código estará basado en la definición del pseudocódigo o algoritmo.
5. *Codificación de la defusificación:* la etapa final de la implementación del sistema difuso corresponde a la definición del algoritmo, donde se elegirá el método de defusificación que se utilizó en la etapa de diseño.
6. *Etapas de pruebas:* es importante que, al finalizar la implementación del sistema difuso sobre el lenguaje y plataforma elegida, sea comparado con el sistema difuso simulado en Matlab, para descartar posibles errores en la codificación del algoritmo.

### **7.2 PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE MOTORES DE INFERENCIA DIFUSA**

A continuación, se presentan las pruebas de funcionalidad de los motores de inferencia, representados por medio de gráficas. Una vez ya no se requiera el motor de inferencia, se depura para que solo quede arrojando los valores.

### 7.2.1 Pruebas del motor de priorización de los riesgos de análisis cualitativo:

En la Ilustración 34 se representa la probabilidad obtenida por el motor de inferencia difusa implementado en Python, de acuerdo con la definición de la escala lingüística dada por el modelo guía. Se genera esta gráfica entrada de la variable de probabilidad que contiene los conjuntos difusos o funciones de membresía, en el bloque difuso que permite el ingreso de la información, y de acuerdo con el valor de entrada se genera la fusificación, la cual dará paso al bloque de inferencia donde se procesa la información que se da a través de las reglas difusas, generando un número difuso como salida.

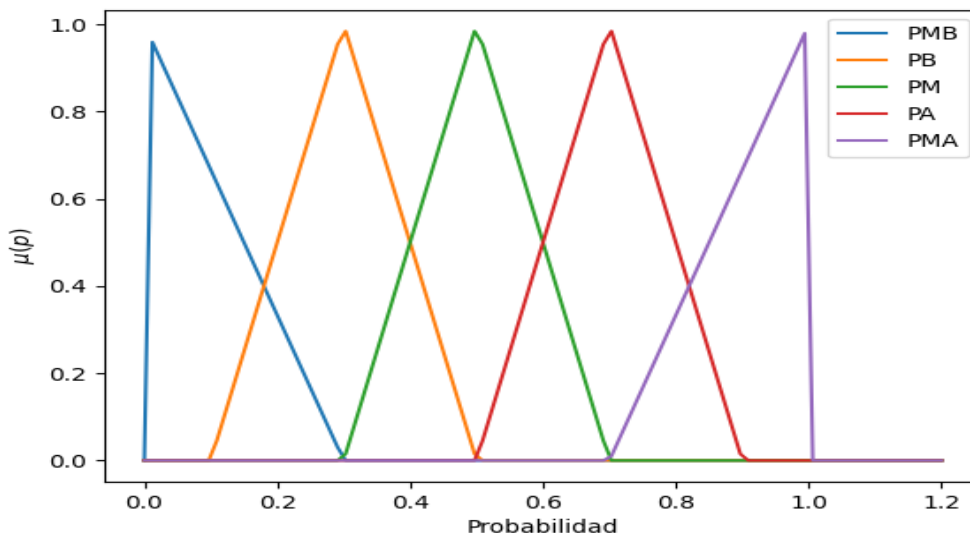


Ilustración 34. Variable de probabilidad: gráfica de probabilidad obtenida por el motor de inferencia difusa implementado en Python.

En la Ilustración 3 se muestra el impacto obtenido por el motor de inferencia difusa implementado en Python, de acuerdo con la definición de la escala lingüística dada por el modelo guía. Se genera esta gráfica de la variable de entrada impacto que contiene los conjuntos difusos o funciones de membresía, en el bloque difuso que permite el ingreso de la información y de acuerdo con el valor de entrada se genera la fusificación, la cual dará paso al bloque de inferencia donde se procesa la información que se da a través de las reglas difusas generando un número difuso como salida.

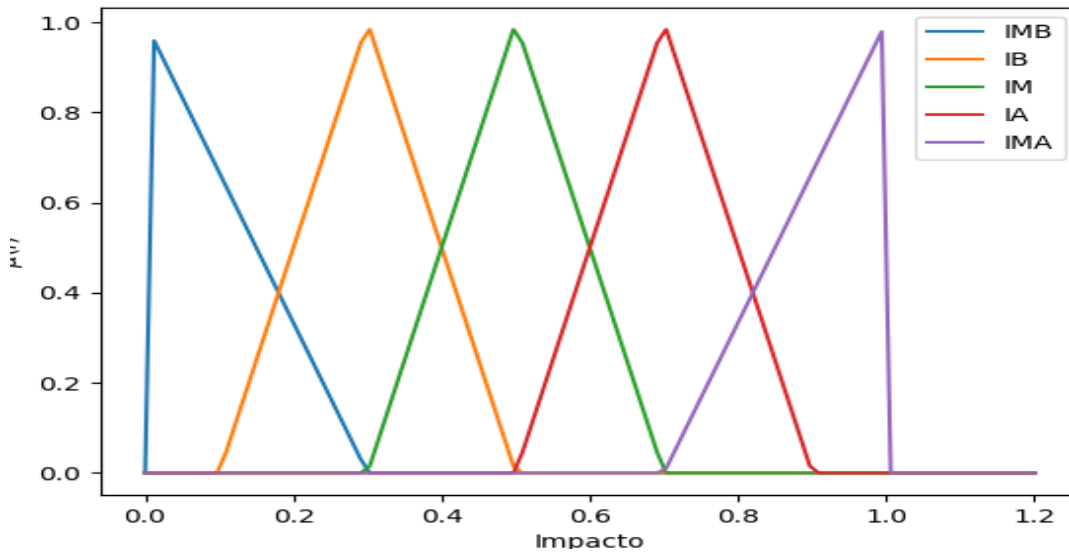


Ilustración 35. Variable de impacto: gráfica de probabilidad obtenida por el motor de inferencia difusa implantado en Python

En la Ilustración 22 se muestra la gráfica de factor de riesgo, generada igual que la anterior, con la diferencia de que esta es la variable de salida que hace parte del bloque de defusificación y recibe la información del bloque de inferencia, y para ello recibe el conjunto difuso de salida, se le pasa la defusificación, obteniendo así un valor numérico como resultado final de todo el proceso.

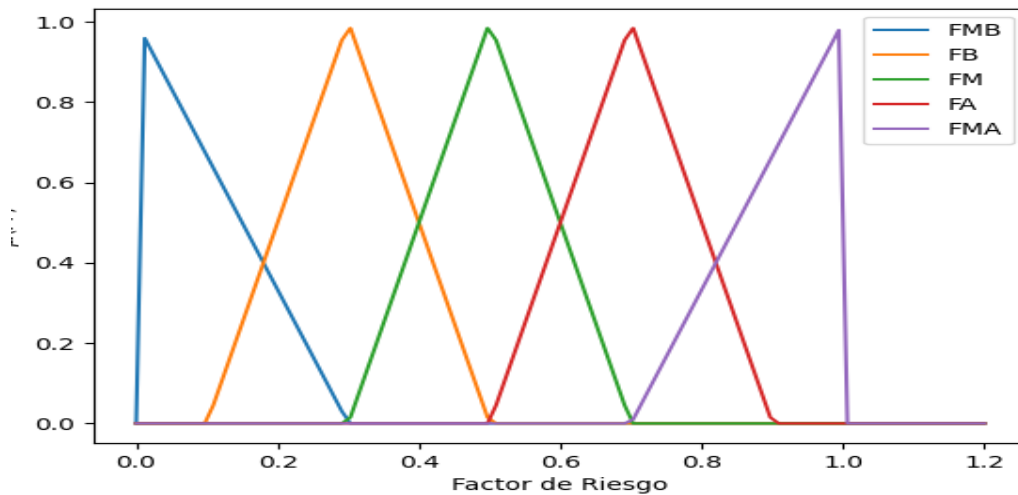


Ilustración 22. Variable de salida: esta es la gráfica de factor de riesgo.

En la Ilustración se muestran las Gráficas de fusificación de la probabilidad obtenida por el motor de inferencia difusa implementado en Python. De acuerdo con la calificación definida por el evaluador, la base de conocimiento toma esa información, donde se definen finalmente los valores nítidos que llegarán a las variables de entrada en el motor de inferencia de datos; el motor de inferencia toma estos valores, fusifica esa información y

así devuelve la siguiente gráfica para la variable de entrada de probabilidad. Los valores de entrada son 5 y 5.

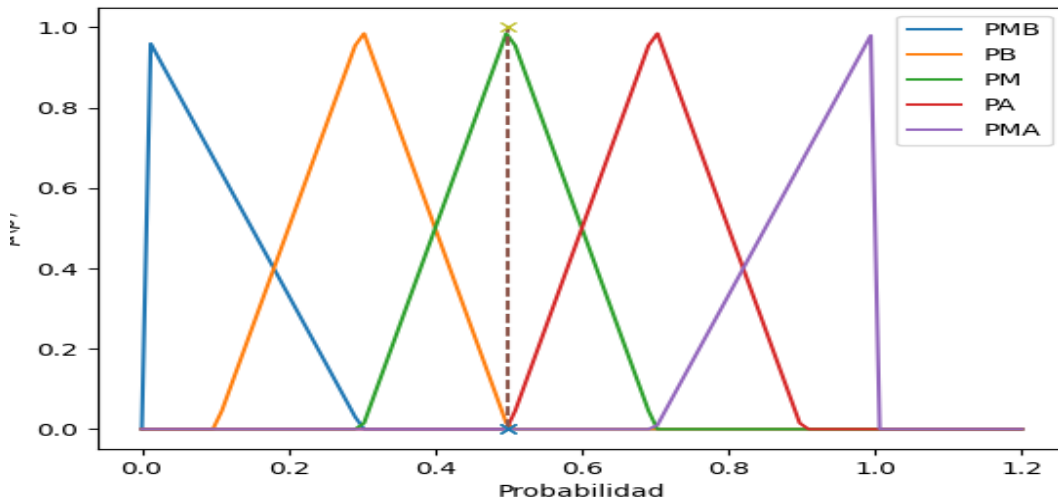


Ilustración 37. Gráfica de fusificación de la probabilidad obtenida por el motor de inferencia difusa implementado en Python.

En la Ilustración 38 se muestra la fusificación del impacto obtenido por el motor de inferencia y siguiendo un proceso igual que el anteriormente descrito. En este caso, devuelve la siguiente gráfica para la variable de entrada de impacto:

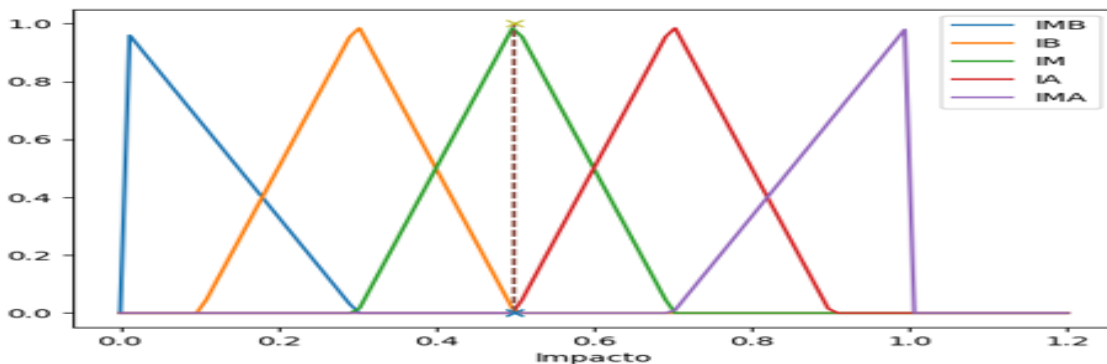


Ilustración 38. Fusificación: gráfica de fusificación del impacto.

En la Ilustración 39 se muestra el resultado para la variable de salida Factor de Riesgo, la que ya fue explicada en el apartado anterior el resultado de la variable de salida es de 0.30000, con el método del centroide.



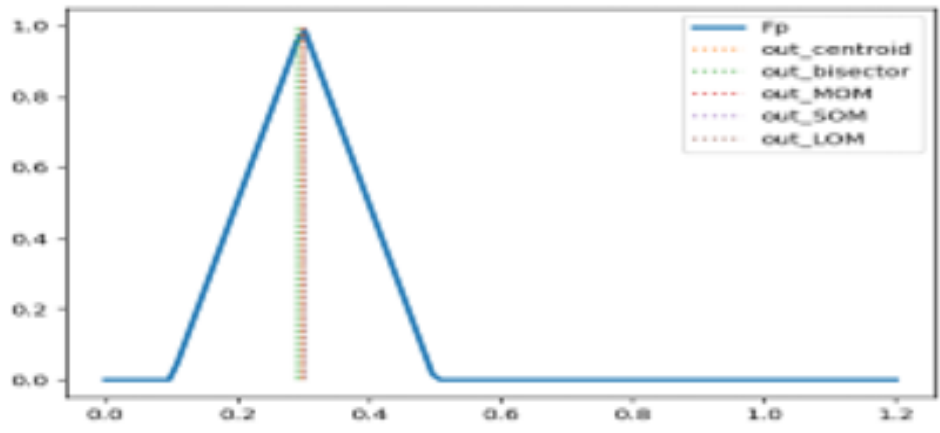


Ilustración 39. Factor del riesgo: gráfica de resultado en la variable de salida

### 7.2.2 Pruebas del motor de nivel o magnitud de riesgo del análisis cuantitativo.

Gráficas de entradas.

En la Ilustración 40 se muestran la gráficas de probabilidad, por ser una variable de entrada, tiene la misma finalidad explicada en la gráfica de probabilidad del análisis cualitativo.

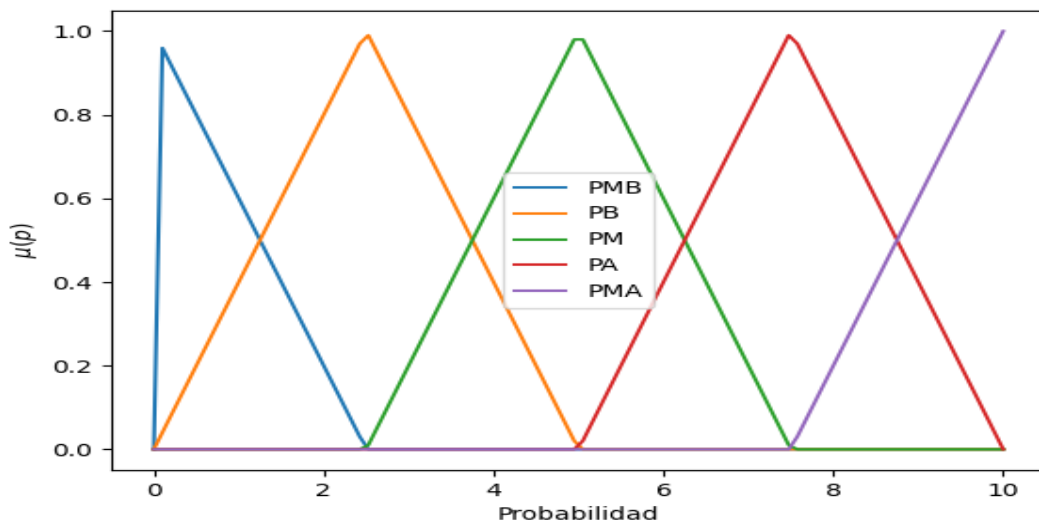


Ilustración 40. Variable de probabilidad: gráfica generada por el motor de inferencia difusa.

En la Ilustración 23 de gravedad del riesgo, por ser una variable de entrada tiene la misma finalidad explicada en la gráfica de probabilidad del análisis cualitativo.

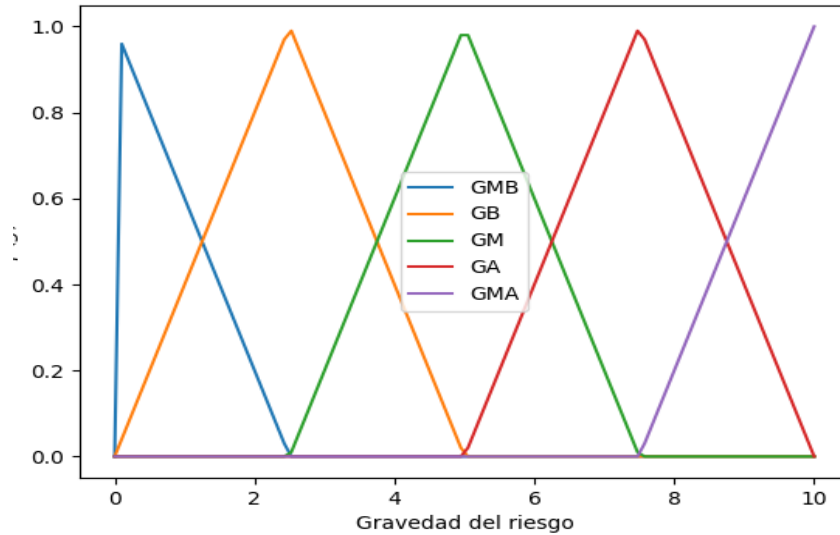


Ilustración 23. Gravedad del riesgo: gráfica generada por el motor de inferencia difusa

En la Ilustración 4 de consecuencia económica, por ser una variable de entrada, tiene la misma finalidad explicada en la gráfica de probabilidad del análisis cualitativo.

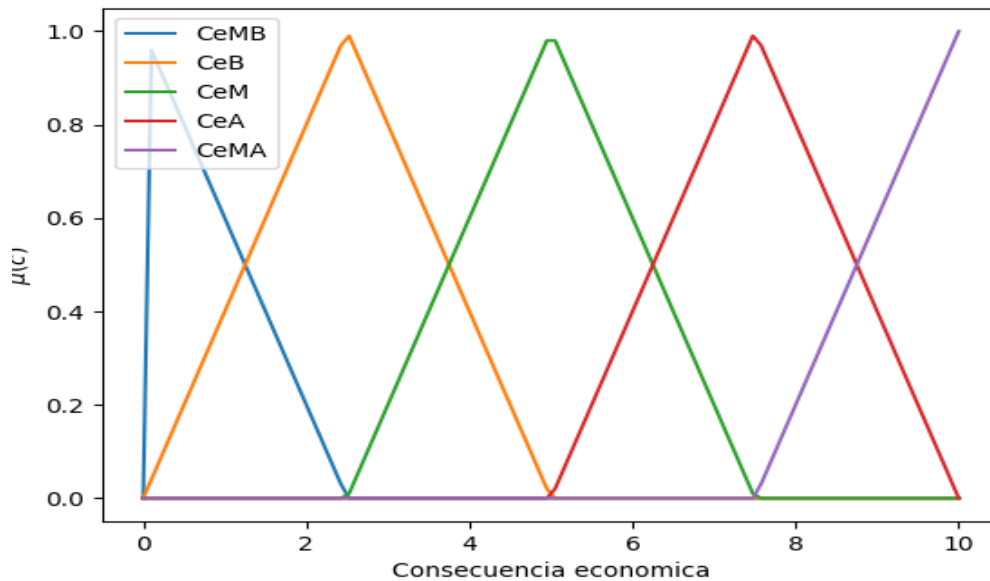


Ilustración 42. Consecuencia económica: gráfica generada por el motor de inferencia difusa.

En la Ilustración 43 de magnitud de riesgo, por ser una variable de salida, tiene la misma finalidad explicada en la gráfica de factor de riesgo del análisis cualitativo.

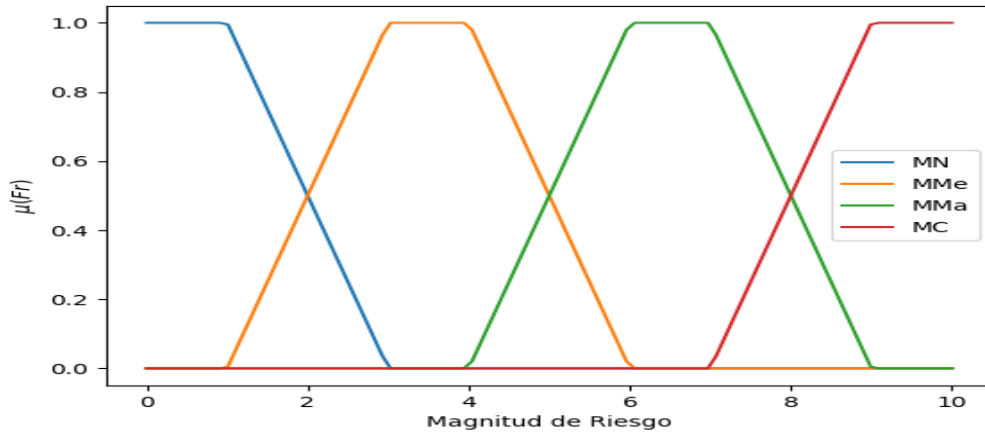


Ilustración 43. Magnitud de riesgo: gráfica generada por el motor de inferencia difusa.

En la Ilustración 4 se muestra la gráfica de fusificación de las variables de entrada, Probabilidad. Los valores de entrada son 2, 3 y 4.

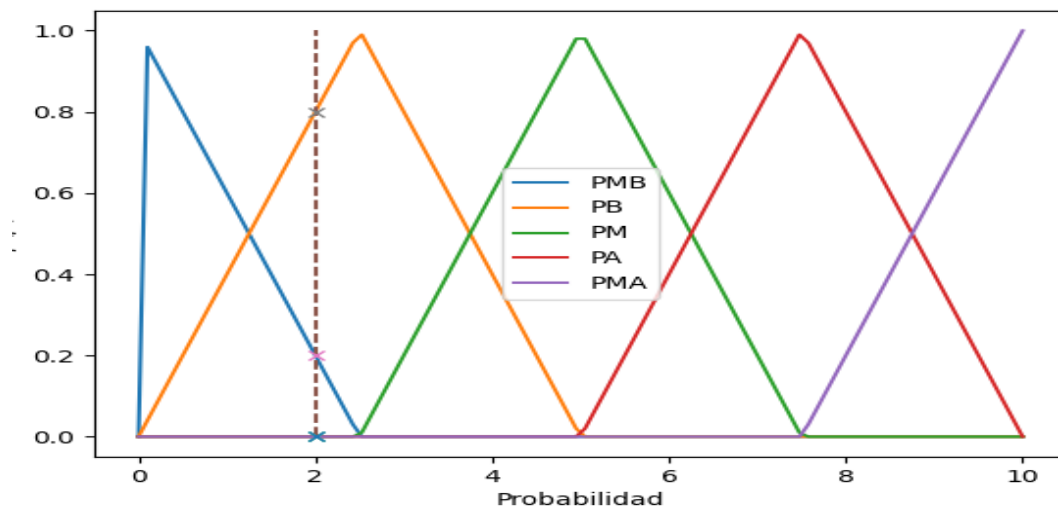


Ilustración 44. Fusificación: fusificación de la variable de entrada.

En la Ilustración 45 se muestra la Gráfica de fusificación de las variables de entrada, Gravedad del riesgo. Los valores de entrada son 2, 3 y 4.

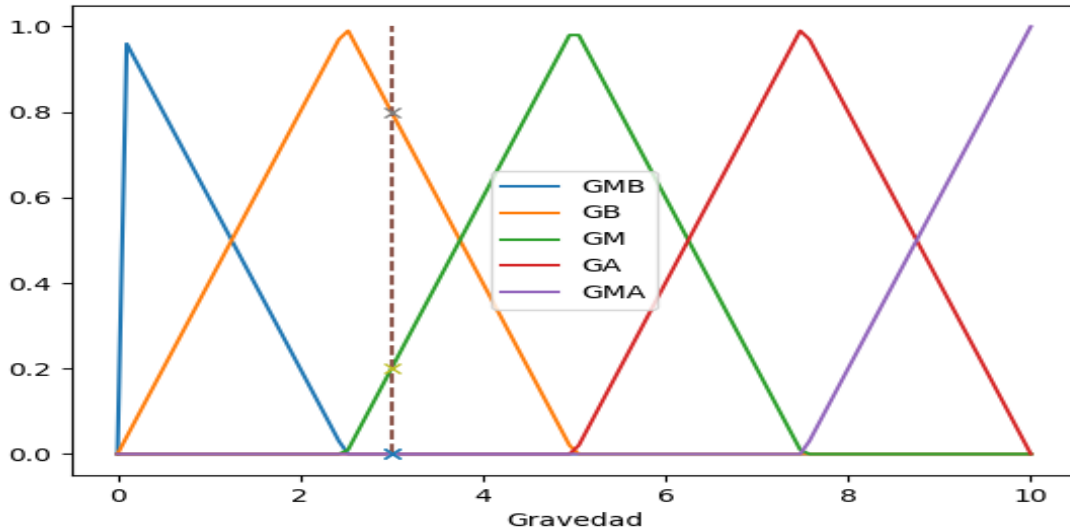


Ilustración 45. Fusificación: fusificación de la variable gravedad del riesgo.

En la Ilustración 46 se muestra la gráfica de fusificación de las variables de entrada, Consecuencia económica, con valores de entrada 2, 3 y 4.

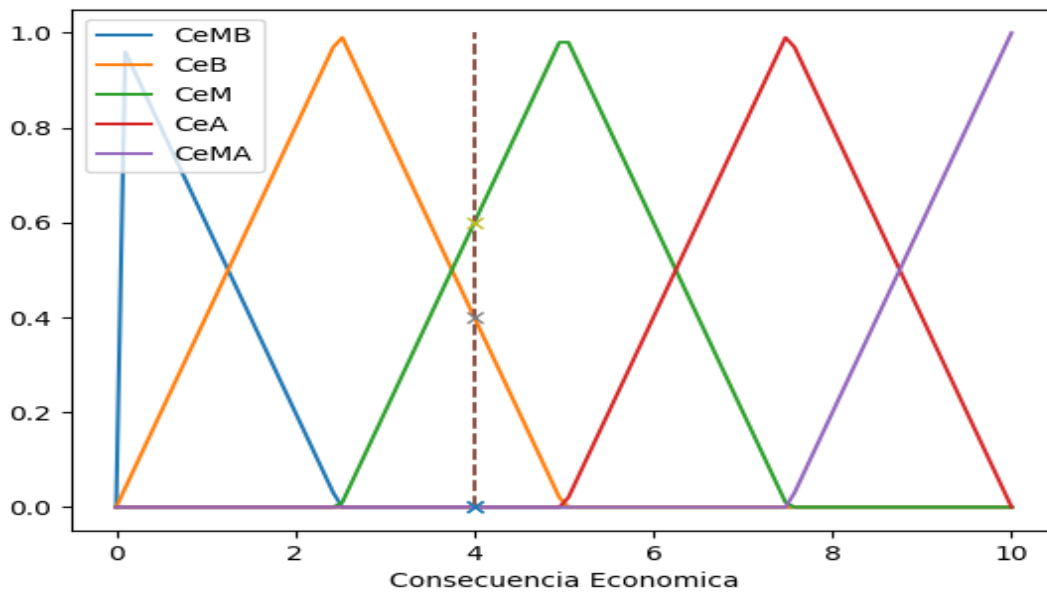


Ilustración 46. Fusificación: fusificación de la variable consecuencia económica.

En esta Ilustración 24 se procesa con los diferentes métodos de defusificación para tratar de hacer un paralelo de los diferentes métodos que hay y tener una idea de cuál es el método más adecuado al tener los diferentes resultados al procesar la información resultado: centroide 2.9307, bisector 3.0303, MOM 3.4848, SOM 2.2222, LOM 4.7474.

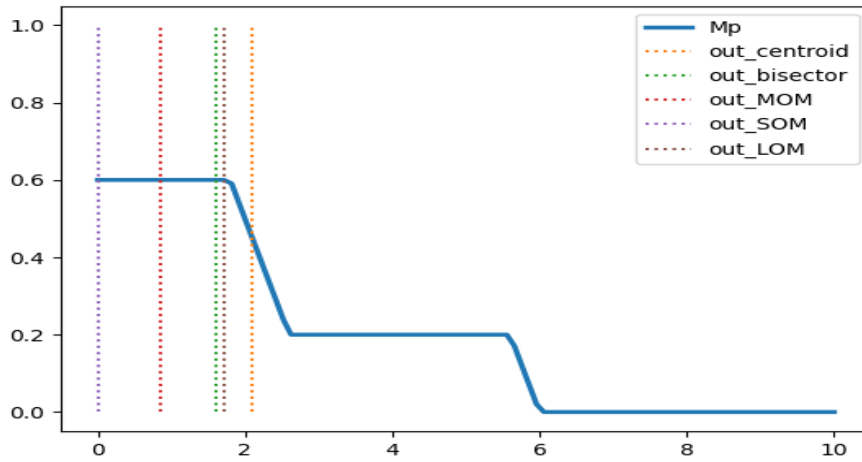


Ilustración 24. Magnitud del riesgo: gráfica de resultado de la variable de salida.

### 7.2.3 Implementación de la base de datos

En la Ilustración 48 se presentan las tablas de la base de datos que permiten almacenar la información de registro de riesgo y la información generada por los motores de inferencia difusa, así como también la información generada con el tratamiento de los riesgos.

Base de datos de la APP



Ilustración 48. Tablas de la BD: base de datos de la APP.

## 7.2.4 Implementación de la aplicación web

Esta aplicación se compone de 3 módulos, como se muestra en la Tabla

Tabla 67. Módulos de la aplicación: composición de la aplicación.

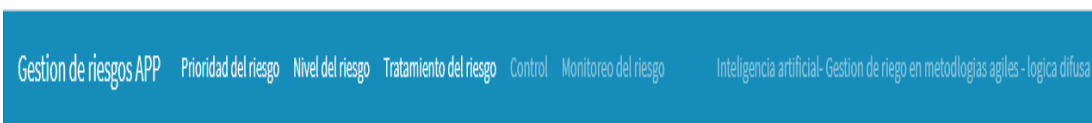
Orden	Módulo	Detalle
1	Identificación de riesgos	Formulario de ingreso de riesgos
2	Análisis de riesgo	Formulario de la priorización de riesgo a través de lógica difusa
		Formulario del nivel o magnitud de riesgo a través de lógica difusa
3	Tratamiento del riesgo	Formulario de la programación del plan
		Formulario que aplica el control del riesgo
		Formulario de monitoreo y seguimiento

A continuación, se describe la tecnología y/o herramienta de desarrollo utilizada para cada componente de la aplicación:

- Motor Base de datos: MySQL
- Lenguaje de programación: Python 3.0
- Framework: FLASK
- Lenguaje: HTML
- Herramienta de soporte y validación: Matlab

La aplicación permite hacer las cuatro operaciones del CRUD: ingresar, consultar, editar y eliminar. En las siguientes figuras se presentan las interfaces de la aplicación.

En la Ilustración se muestra la interfaz de Gestión de ingreso de los riesgos, que permite que el usuario ingrese los riesgos a tratar. En la parte superior está ubicada la Barra del menú de navegación y contenido de la aplicación: Gestión del riesgo-Prioridad del riesgo-Nivel del riesgo-Tratamiento del riesgo- Control Monitoreo del riesgo.



## Gestion de riesgos - Ingreso de Riesgos:

Nombre codigo

Nombre Riesgo

Seleccione la categoria

Descripcion

Seleccione el estado

**GUARDAR**

Ilustración 49. Ingreso del riesgo: pantallazo que permite el ingreso de los riesgos

Un ejemplo de los Registros de los riegos ingresados se muestra en la En la Ilustración , que devuelve la información de los riegos registrados.

Id	Codigo	Nombre	Categoria	Descripcion	Estado	Operaciones
1	R1	R-01-001	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	Falta de historias de usuarios, para satisfacer las necesidades del usuario final, en la priorización del sprint planing	Activo	EDIT DELETE
2	R2	R-02-002	Arquitectura	Falta de funcionalidad en las historias de usuariosArquitectura de desarrollo del sistema mal definida	Activo	EDIT DELETE
3	R3	R-01-003	Viabilidad Técnica. TIC	Desconocimiento en las Herramientas React, Middleware: Net Core web Api C#Diseño de desarrollo mal definido	Activo	EDIT DELETE
4	R4	R-03-004	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	Utilizar tecnologías no escalables	Activo	EDIT DELETE
5	R5	R-01-005	Diseño	Falta de documento de arquitectura y diseño	Activo	EDIT DELETE
6	R6	R-01-006	Arquitectura	El reporte de información se vuelve tedioso de estructurar por que no hay normalización y rompe la ruta de encadenamiento de la información	Activo	EDIT DELETE

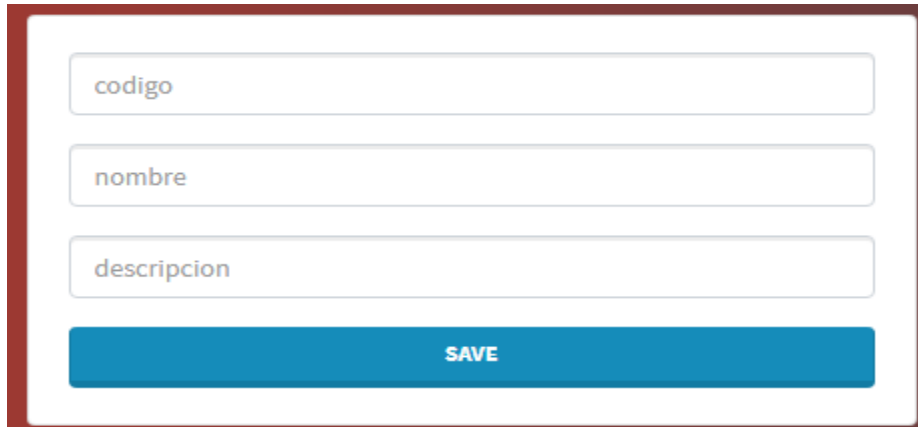
En la Ilustración 50 se muestra un ejemplo del Registro de los riesgos ingresados que se usaron en las pruebas.

7	R7	R-02-007	Diseño	Los nombres de los campos son genéricos dificultando el análisis de la información	Activo	EDIT DELETE
8	R8	R-02-008	Arquitectura	Almacenamiento de información no estructurada	Activo	EDIT DELETE
10	R9	R-01-009	Pruebas funcionales	Falta de planificación del set de prueba	Activo	EDIT DELETE
11	R10	R-02-010	Pruebas funcionales	Fuga de información	Activo	EDIT DELETE
12	R11	R-04-011	Pruebas no funcionales	No planificar y realizar pruebas en diferentes navegadores	Activo	EDIT DELETE
13	R12	R-03-012	Pruebas no funcionales	La aplicación no funciona con varios usuarios	Activo	EDIT DELETE

Ilustración 51. Parte 2 del registro de los riesgos: riesgos usados en las pruebas.



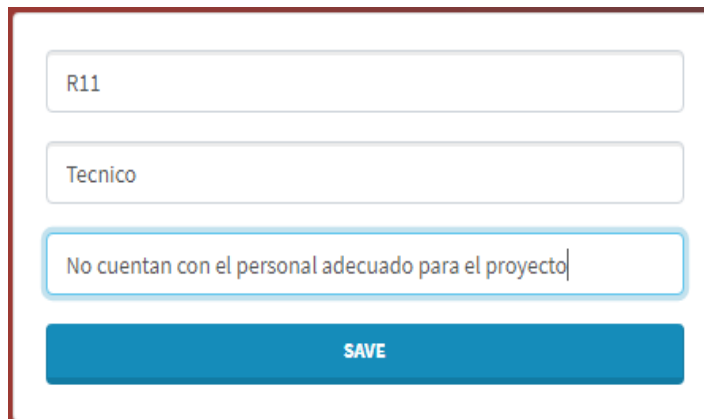
Un ejemplo de ingreso de riesgo se posiciona en el formulario de la Ilustración 52.



A screenshot of a web form for entering a risk. It features three input fields stacked vertically, each with a light gray placeholder text: 'codigo', 'nombre', and 'descripcion'. Below the fields is a prominent blue button with the word 'SAVE' in white capital letters. The entire form is enclosed in a dark red border.

Ilustración 52. Pantallazo de ingreso de riesgo: ejemplo de cómo se ingresa un riesgo

Se rellenan los campos de código del riesgo, se rellena el campo de nombre, se rellena el campo descripción, como se puede ver en la Ilustración 53.



A screenshot of the same risk entry form as in Illustration 52, but with the fields filled. The 'codigo' field contains 'R11', the 'nombre' field contains 'Tecnico', and the 'descripcion' field contains 'No cuentan con el personal adecuado para el proyecto'. The blue 'SAVE' button is still visible at the bottom. The form is enclosed in a dark red border.

Ilustración 53. Ejemplo de ingreso de riesgo: refleja cómo se ingresan los riesgos.

Luego se presiona en el botón *save*, como se ve en la Ilustración 54, para guardar el registro.

Riesgo agregado exitosamente

codigo

nombre

descripcion

SAVE

Ilustración 54. Almacenamiento: ejemplo de cómo se guarda la información en la aplicación

El resultado del ingreso de registro se muestra en la Ilustración .

45	R11	Tecnico	No cuentan con el personal adecuado para el proyecto	EDIT	DELETE
----	-----	---------	--	------	--------

Ilustración 55. Registro de la información: resultado, ejemplo de registro de información.

## CAPÍTULO 8: DEFINICIÓN DEL DISEÑO DE CASO DE PRUEBA

El siguiente es un caso de prueba implementado para la validación de la estrategia de investigación.

### Caracterización del modelo de caso de prueba a aplicar:

Este caso de prueba se enfoca a un solo caso, diferido a riesgos enfocados a Viabilidad Técnica, Ingeniería de Requisitos, Viabilidad Técnica. TIC, arquitectura, diseño, pruebas funcionales y pruebas no funcionales. Las características particulares se describen en la siguiente tabla (Tabla 68. Caracterización: caracterización de caso de prueba proyecto de Juventud.)

Tabla 68. Caracterización: caracterización de caso de prueba proyecto de Juventud.

Actividad	Definición
Selección del proyecto	Secretaría de Inclusión Social y Familia - Gerencia de Infancia, Adolescencia y Juventud - Gobernación de Antioquia.
Nombre proyecto	Proyecto de Juventud
Número de casos	1
Estudio de la documentación fuente para determinar los riesgos	Requisitos, Documento de arquitectura, Documento de diseño, Documento de pruebas funcionales, Documento de pruebas no funcional.
Metodología a utilizar	Scrum
Número de sprint	1 o dos
Duración de sprint	Una semana
Herramienta a utilizar	Técnica de lógica difusa para la gestión de riesgos en proyectos ágiles de desarrollo de software.
Matriz de calificación	Matriz en Excel para recoger los datos de los expertos en la nube
Encuesta	Encuesta en la nube para calificar la estrategia de investigación.
Equipo evaluador	Conformar equipo evaluador por cuatro miembros.
Identificación de los riesgos	Equipo de trabajo
Definición de los controles de los riesgos a aplicar	Equipo de trabajo
Definición del sprint a tratar	Equipo evaluador
Temática a tratar en los riesgos	Requisitos - Arquitectura - Diseño - Pruebas funcionales - Pruebas no funcionales
Calificación cualitativa de los riesgos	Equipo evaluador
Calificación cuantitativa de los riesgos	Equipo evaluador
Interfaz	Interfaz de la herramienta para las pruebas
Identificación del riesgo	Ingreso de los riesgos en la App

Análisis del riesgo	Análisis cualitativo, priorización del riesgo a través de la lógica difusa en la App.
	Análisis cuantitativo, nivel, magnitud o alcance del riesgo a través de la lógica difusa en la App.
Tratamiento del riesgo	Plan de tratamiento en la App
	Aplicar control en la App
	Hacer seguimiento a los riesgos de acuerdo con los controles aplicados en la App.

## **Desarrollo y ejecución de las pruebas**

Proceso de identificación de riesgos del proyecto de la Gerencia de Infancia, Adolescencia y Juventud:

*Referentes:* en el año 2015, la Gerencia de Infancia, Adolescencia y Juventud, con el fin de darle cumplimiento a los compromisos establecidos en los convenios suscritos con el ICBF, desarrolló un sistema de información web llamado "Buen Comienzo Antioquia", el cual permite el reporte en línea, mes a mes, de los datos de atención de las madres gestantes, niños y niñas participantes, reporte que sirve de base para el proceso de verificación, control y vigilancia de la atención brindada por cada uno de los operadores en los municipios objeto del convenio interadministrativo con el ICBF. El sistema web, adicionalmente, brinda agilidad y facilita la carga y tratamiento de la información de los participantes atendidos en todo el Departamento, información que se convierte en el principal insumo para el proceso de control y seguimiento (supervisión o interventoría) y la realización de los pagos y desembolsos en cada uno de los contratos y convenios celebrados por la Gerencia para la operación de la atención integral en territorio.

La Secretaría de Inclusión Social y Familia de la Gobernación de Antioquia, dentro de la Gerencia de Infancia, Adolescencia y Juventud, tiene una necesidad de crear un módulo nuevo para el tema de juventud dentro del aplicativo misional que tiene la Gerencia, llamado Buen Comienzo. Este sistema permite realizar ingresos y egresos de niños beneficiarios de 0 a 5 años, los operadores y las sedes del programa. Por eso, se hace necesario construir un nuevo módulo para gestionar los beneficiarios de otras edades.

El módulo permitirá el registro de información mediante la creación de formularios dinámicos en donde el usuario final puede registrar distintos tipos de preguntas como de tipo fecha, selección simple o múltiple y de forma abierta. Todo esto, además de la asignación de los mismos a usuarios que pertenecen a un programa específico. El módulo cuenta con la función de autenticación propia por contraseña y usuario.

## **Trabajo de Campo: selección de expertos evaluadores en la gestión de riesgos**

En la Tabla 24 se resumen los datos de los evaluadores seleccionados para realizar el ejercicio de evaluación de la gestión de riesgos en el caso de prueba.

Tabla 24. Selección de expertos: datos de los evaluadores.

Orden	Evaluador	Nombre	Profesión	Expe-riencia en años	Escolaridad
1	Evaluador (1)	Rafael Alfonso Madrid Buelvas	Ingeniero de sistemas	1,6	Profesional
2	Evaluador (2)	Juan Gonzalo Marín Gil	Ingeniero de sistemas	5	Profesional
3	Evaluador (3)	Santiago Elías Díaz Ayala	Ingeniero de sistemas	25	Maestría
4	Evaluador (4)	John Jairo Prado Piedrahita	Ingeniero de sistemas	14	Maestría

Identificación de los riesgos y controles para aplicar en el tratamiento del riesgo (ver Tabla ):

Tabla 70. Definición de los riesgos: identificación de los riesgos y controles.

Orden	Identificación y Definición de Riesgos	Definición del control de solución	Categoría del problema	Sprint (1-2-3)
<b>Ingeniería de requisitos:</b>				
1	Falta de historias de usuarios, para satisfacer las necesidades del usuario final, en la priorización del <i>sprint planing</i>	Se completan las historias de usuarios de acuerdo con las necesidades del cliente	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	<b>Sprint (1)</b>
2	Falta de funcionalidad en las historias de usuarios	Se agregan funcionalidades a las historias de usuarios	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	<b>Sprint (1)</b>
3	Desconocimiento en las Herramientas React, Middleware: Net Core web Api C#	Se capacita el personal	Viabilidad Técnica. TIC	<b>Sprint (1)</b>
4	Utilizar tecnologías no escalables	Levantamiento idóneo de requisitos	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	<b>Sprint (1)</b>
5	Falta de documento de arquitectura y diseño	Se elaboró documento de arquitectura y diseño	Diseño	<b>Sprint (2)</b>
<b>Formularios dinámicos:</b>				

6	El reporte de información se vuelve tedioso de estructurar porque no hay normalización y rompe la ruta de encadenamiento de la información	Crear un algoritmo para extraer la información y normalizarla	Arquitectura	<b>Sprint (2)</b>
7	Los nombres de los campos son genéricos dificultando el análisis de la información	Personalizar atributos por medio de un proceso de homologación	Diseño	<b>Sprint (2)</b>
8	Almacenamiento de información no estructurada	Crear un algoritmo para almacenar información	Arquitectura	<b>Sprint (2)</b>
9	Falta de planificación del set de prueba	Planificar de set de pruebas	Prueba Funcional	<b>Sprint (3)</b>
10	Fuga de información	Protocolo de seguridad	Prueba Funcional	<b>Sprint (3)</b>
11	No planificar y realizar pruebas en diferentes navegadores	Probar en los diferentes navegadores	Prueba No Funcional	<b>Sprint (3)</b>
12	La aplicación no funciona con varios usuarios	Realizar pruebas de ofuscación	Prueba No Funcional	<b>Sprint (3)</b>

### **Programación del Sprint y aplicación de los controles:**

A partir de la identificación de riesgos anterior, se realizó el reparto de los riesgos del proyecto a nivel de sprint para no perder la filosofía del manifiesto ágil al entrar a un proceso lento y pesado causado por recargar un sprint con todos los riesgos. Es decir, que por sprint no pueden haber más de dos, tres o, máximo, cinco riesgos.

#### **Análisis cualitativo:**

Se debe calificar el análisis cualitativo con dos variables: (i) cuál es la probabilidad en caso de que ocurra el riesgo y (ii) cuál es el impacto en caso de que ocurra el riesgo, con valores cualitativos de 5 niveles: muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto.

#### **Análisis cuantitativo:**

Se debe calificar de 1 a 10 el análisis cuantitativo con tres variables: (i) cuál es la probabilidad en caso de que ocurra el riesgo, de 1 a 10, (ii) cuál es la gravedad del riesgo si ocurre, de 1 a 10 y (iii) cuál es la consecuencia económica si ocurre, de 1 a 10.

A la hora de calificar, el experto debe tener en cuenta la siguiente información: la salida de la información despreciable es que no requiere control o tratamiento en el análisis cualitativo y tolerable es manejable. En la Tabla 71 se presenta el resultado de la combinación de las reglas difusas.

Tabla 71. Factor de riesgo: salida del análisis cualitativo.

<b>Salida: Factor de Riesgo (R):</b>		
(0.0, 0.0, 0.3)	Muy Baja (MB)	Despreciable
(0.1, 0.3, 0.5)	Baja(B)	Tolerable
(0.3, 0.5, 0.7)	Media(M)	Nivel medio. Requiere gestión de riesgos
(0.5, 0.7, 0.9)	Alta (A)	Sustancias e intolerable
(0.7, 1.0,1.0)	Muy alta(MA)	Riesgo prioritario

Factor de riesgo [68].

Tabla 72. Definición de las reglas: regla que procesa el modelo implementado en la priorización.

		Probabilidad				
		MB	B	M	A	MA
Impacto	MB	MB	MB	MB	B	B
	B	MB	MB	B	B	M
	M	B	B	B	M	A

Definición de las reglas [68].

Tabla 73. Magnitud delo riesgo: salida del análisis cuantitativo.

<b>Magnitud del riesgo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Numero difuso</b>
Negligente(N)	Riesgo Aceptable	(0,0,1,3)
Menor (MI)	El riesgo es tolerable. Control de riesgo debe ser emprendido si es rentable hacerlo.	(1,3,4,6)
Mayor (Ma)	El riesgo debe reducirme si es razonablemente	(4,6,7,9)
Crítico (C)	El riesgo debe ser reducido, salvo en circunstancias excepcionales	(7,9,10,10)

Magnitud delo riesgo [55].

Tabla 74. Programación: programación del *sprint*.

<b>Orden</b>	<b>Sprint</b>	<b>Fecha inicio del Sprint</b>	<b>Fecha fin del Sprint</b>	<b>Código del riesgo</b>	<b>Fecha de calificación del riesgo</b>
1	Sprint (1)	25/10/2021	29/10/2021	R1	25/10/2021
Proceso de implementación del primer Sprint				R2	25/10/2021
				R3	25/10/2021
				R4	25/10/2021
				R5	1/11/2021
2	Sprint (2)	1/11/2021	5/11/2021	R6	1/11/2021
Proceso de implementación del segundo Sprint				R7	1/11/2021
				R8	1/11/2021
				R9	8/11/2021
3	Sprint (3)	8/11/2021	12/11/2021	R9	8/11/2021

Proceso de implementación del tercer Sprint	R10	8/11/2021
	R11	8/11/2021
	R12	8/11/2021

### Aplicación de los controles:

En la siguiente Tabla 75 se sintetizan los controles aplicados en las respectivas fechas y su correspondiente Sprint, según el riesgo asociado.

Tabla 75. Controles: es la aplicación de los controles para la mitigación del riesgo.

Orden	Código del riesgo	Sprint	Nombre/Aplicación del control	Fecha de aplicación del control
1	R1	Sprint (1)	Se completan las historias de usuarios de acuerdo con las necesidades del cliente	25/10/2021
2	R2	Sprint (1)	Se agregan funcionalidades a las historias de usuarios	25/10/2021
3	R3	Sprint (1)	Se capacita el personal	25/10/2021
4	R4	Sprint (1)	Levantamiento idóneo de requisitos	25/10/2021
5	R5	Sprint (2)	Se elaboró documento de arquitectura y diseño	2/11/2021
6	R6	Sprint (2)	Crear un algoritmo para extraer la información y normalizarla	2/11/2021
7	R7	Sprint (2)	Personalizar atributos por medio de un proceso de homologación	2/11/2021
8	R8	Sprint (2)	Crear un algoritmo para almacenar información	2/11/2021
9	R9	Sprint (3)	Falta de planificación del set de prueba	8/11/2021
10	R10	Sprint (3)	Protocolo de seguridad	8/11/2021
11	R11	Sprint (3)	Probar en los diferentes navegadores	8/11/2021
12	R12	Sprint (3)	Realizar pruebas de ofuscación	8/11/2021

En la Tabla 76 se muestran los resultados obtenidos después de aplicar los controles en el tratamiento de los riesgos.

Tabla 76. Monitoreo: monitoreo de los riesgos y los controles aplicados en la herramienta.

Orden	Código del riesgo	Sprint	Acción	Fecha de aplicación del control
1	R1	Sprint (1)	Se eliminó el riesgo	29/10/2021
2	R2	Sprint (1)	Se eliminó el riesgo	29/10/2021
3	R3	Sprint (1)	Se eliminó el riesgo	29/10/2021
4	R4	Sprint (1)	Se eliminó el riesgo	29/10/2021
5	R5	Sprint (2)	Se eliminó el riesgo	5/11/2021
6	R6	Sprint (2)	Se eliminó el riesgo	5/11/2021
7	R7	Sprint (2)	Se eliminó el riesgo	5/11/2021
8	R8	Sprint (2)	Se eliminó el riesgo	5/11/2021



9	R9	Sprint (3)	Se eliminó el riesgo	12/11/2021
10	R10	Sprint (3)	Se eliminó el riesgo	12/11/2021
11	R11	Sprint (3)	Se eliminó el riesgo	12/11/2021
12	R12	Sprint (3)	Se eliminó el riesgo	12/11/2021

### Tratamiento de la información

Resultados Sprint 1 del trabajo de campo:

En la matriz de calificación mostrada a continuación se presentan las variables de entradas del análisis cualitativo, probabilidad e impacto y la evaluación de cada uno de los expertos calificadores para cada uno de los riesgos de la priorización del sprint1. cada evaluador hace una evaluación cualitativa de la probabilidad de ocurrencia y el impacto en caso de que ocurra el riesgo; las variables de entradas probabilidad e impacto tienen cinco niveles cada una, conocidos como término lingüístico, distribuidos así: muy baja, baja, media, alta y muy alta (Tabla 77).

La matriz de calificación de los evaluadores expertos del riesgo se muestra en la Tabla 77.

Tabla 77. Matriz: calificación de los expertos evaluadores del riesgo.

Código Nombre	Variable de entrada Probabilidad				Variable de entrada Impacto			
	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4
R1	Media	Media	Baja	Media	Alta	Media	Alta	Alta
R2	Alta	Media	Media	Media	Alta	Alta	Media	Media
R3	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Media
R4	Media	Media	Media	Media	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta

En el resultado de la evaluación se muestra la variable de salida, llamada Factor del Riesgo. Al igual que las variables de entradas del Análisis Cualitativo, tiene cinco niveles conocidos como término lingüístico, distribuidos así: muy baja, baja, media, alta y muy alta, y de acuerdo con la selección que haga cada experto en la matriz de variables de entrada arroja unos resultados, generando así la priorización de los riesgos y, al mismo tiempo, de acuerdo con el peso del riesgo, recomienda unas acciones a aplicar distribuidas así: despreciable, tolerable, nivel medio. Requiere gestión del riesgo, Sustancial e intolerable, Riesgo prioritario, y de acuerdo con ello se le aplica o no se halla el nivel, magnitud o alcance de cada riesgo (Ilustración 56. Resultado de la evaluación: al calificar la matriz de riesgo y procesar la herramienta.

Id	Codigo	Nombre	Descripcion	Peso	Termino Linguistico	Descripcion- Dificultad	Nombre- Prioridad	Operaciones
1	R1	R-01-001	Falta de historias de usuarios, para satisfacer las necesidades del usuario final, en la priorización del sprint planing	0.4000	Medio	Requiere gestión de riesgo	PR1T1	EDIT DELETE
2	R2	R-02-002	Falta de funcionalidad en las historias de usuariosArquitectura de desarrollo del sistema mal definida	0.4000	Medio	Requiere gestión de riesgo	PR2T1	EDIT DELETE
3	R3	R-01-003	Desconocimiento en las Herramientas React, Middleware: Net Core web Api #Diseño de desarrollo mal definido	0.3500	Baja	Tolerable	PR3T1	EDIT DELETE
4	R4	R-03-004	Utilizar tecnologías no escalables	0.5000	Medio	Requiere gestión de riesgo	PR4T1	EDIT DELETE

Ilustración 56. Resultado de la evaluación: al calificar la matriz de riesgo y procesar la herramienta.

En la matriz de calificación mostrada a continuación se presentan las tres variables de entradas del análisis cuantitativo: probabilidad del riesgo, gravedad del riesgo y consecuencia económica, y la evaluación de cada uno de los expertos calificadores para cada uno de los riesgos de la priorización del Sprint1. Cada evaluador hace una evaluación cuantitativa de la probabilidad de ocurrencia, Gravedad del Riesgo y Consecuencia Económica, en caso de que ocurra el riesgo. Las variables de entradas de Probabilidad del Riesgo y Gravedad del Riesgo tienen cinco niveles cada una, conocidos como término lingüístico, distribuidas así: muy baja, baja, media, alta y muy alta. Y consecuencia económica también tiene cinco niveles distribuidos así: marginal(M), importante(I), severo(S), gravedad(G).

La Matriz de calificación de los evaluadores expertos del riesgo se muestra en la Tabla 78, Tabla 7 y Tabla .

Tabla 78. Matriz de calificación: variable de entrada de la probabilidad.

Código Nombre	Análisis Cuantitativo, Variable de entrada Probabilidad:			
	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4
R1	5	5	2	3
R2	7	5	5	6
R3	4	5	5	4

R4	5	4	5	6
----	---	---	---	---

Tabla 79. Matriz de calificación: variable de entrada de la gravedad del riesgo.

<b>Código Nombre</b>	<b>Análisis Cuantitativo, Variable de entrada Gravedad del riesgo:</b>			
	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4
R1	7	6	9	6
R2	4	6	5	5
R3	7	8	9	7
R4	9	8	10	8

Tabla 80. Matriz de calificación: variable de entrada consecuencia económica.

<b>Código Nombre</b>	<b>Análisis Cuantitativo, Variable de entrada Consecuencia económica:</b>			
	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4
R1	7	4	5	7
R2	6	5	5	6
R3	5	6	5	5
R4	8	9	10	9

En el resultado de la evaluación se muestra la variable de salida llamada Nivel del Riesgo. A diferencia de las variables de entradas del análisis cuantitativo, tiene 4 niveles conocidos como término lingüístico, distribuidos así: negligente (N), menor (Me), mayor (Ma), crítico (C), y, de acuerdo con la selección que haga cada experto en la matriz de variables de entrada, arroja unos resultados, generando así el nivel, magnitud o alcance de los riesgos y, al mismo tiempo, de acuerdo con el nivel del riesgo recomienda unas acciones aplicar distribuidas así: riesgo aceptable, el riesgo es tolerable, el control del riesgo debe ser emprendido si es rentable hacerlo, el riesgo debe reducirse si es razonablemente practicable de hacerlo, el riesgo debe ser reducido, salvo en circunstancias excepcionales, y de acuerdo con ello se toma la decisión de aplica o no aplicar el tratamiento a cada riesgo.

El resultado de la evaluación de expertos al calificar la matriz de riesgos y procesarla en la herramienta se muestra en la Ilustración 57.

Id	Codigo	Nombre	Descripcion	Nivel	Termino Linguistico	Descripcion-Dificultad	Nombre-Nivel	Operaciones
1	R1	R-01-001	Falta de historias de usuarios, para satisfacer las necesidades del usuario final, en la priorización del sprint planing	5.0000	Mayor(Ma)	Reducir si es razonable	NR1T1	<input type="button" value="EDIT"/> <input type="button" value="DELETE"/>
2	R2	R-02-002	Falta de funcionalidad en las historias de usuariosArquitectura de desarrollo del sistema mal definida	6.6296	Mayor(Ma)	Reducir si es razonable	NR2T1	<input type="button" value="EDIT"/> <input type="button" value="DELETE"/>
3	R3	R-01-003	Desconocimiento en las Herramientas React, Middleware: Net Core web Api C#Diseño de desarrollo mal definido	5.8131	Mayor(Ma)	Reducir si es razonable	NR3T1	<input type="button" value="EDIT"/> <input type="button" value="DELETE"/>
4	R4	R-03-004	Utilizar tecnologías no escalables	7.3728	Mayor(Ma)	Reducir si es razonable	NR4T1	<input type="button" value="EDIT"/> <input type="button" value="DELETE"/>

Ilustración 57. Resultado de la evaluación de experto: procesamiento de la herramienta.

Las evidencias de los riesgos tratados se muestran en la

Ilustración.

Id	Codigo	Nombre	Categoria	Descripcion	Estado	Operaciones
1	R1	R-01-001	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	Falta de historias de usuarios, para satisfacer las necesidades del usuario final, en la priorización del sprint planing	Activo	<input type="button" value="EDIT"/> <input type="button" value="DELETE"/>
2	R2	R-02-002	Arquitectura	Falta de funcionalidad en las historias de usuariosArquitectura de desarrollo del sistema mal definida	Activo	<input type="button" value="EDIT"/> <input type="button" value="DELETE"/>
3	R3	R-01-003	Viabilidad Técnica. TIC	Desconocimiento en las Herramientas React, Middleware: Net Core web Api C#Diseño de desarrollo mal definido	Activo	<input type="button" value="EDIT"/> <input type="button" value="DELETE"/>
4	R4	R-03-004	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	Utilizar tecnologías no escalables	Activo	<input type="button" value="EDIT"/> <input type="button" value="DELETE"/>

Ilustración 58. Evidencias de los riegos: estos fueron los riegos tratados en el primer sprint.

En la primera definición de las historias de usuarios hizo falta definir más historias de usuarios, evidenciando la falta de funcionalidad en las historias de usuarios, relacionado con las necesidades de la priorización del Sprint.

En la Ilustración se describen las Faltas de historias de usuarios y carentes de funcionalidad.

ID	Tipo de elemento de trabajo	Título	Descripción	Criterio de aceptación	Punto	Sprint	Asignado a
0001	historia de usuario	Ver Respuestas de los formularios dinamicos	Yo como gerente de sistemas del programa juventud quiero visualizar las respuestas que ingresan los usuarios en los formularios dinamicos	las respuestas deben ordenarse por fecha	100		Programador de la GIAJ
0002	historia de usuario	Opcion para activar la pregunta de asociacion	Yo como gerente de sistemas del programa juventud quiero añadir una opcion que me permita activar o desactivar una pregunta para asociar personas con actores registrados en el sistema	la opcion debe realizarse desde los ajustes del formulario dinamico	50		Programador de la GIAJ
0003	historia de usuario	Acceso directo para añadir personas y actores en un formulario dinamico	Yo como gerente de sistemas del programa juventud quiero añadir un acceso directo para poder añadir personas y actores en un formulario dinamico	los accesos directos deben visualizarse en forma de botones	100		Programador de la GIAJ
0004	historia de usuario	Panel de control para administrar usuarios	Yo como gerente de sistemas del programa juventud quiero que los usuarios administradores puedan actualizar la informacion de los usuarios comunes y a su vez puedan restablecer su contraseña de forma rapida y sencilla	el panel de control debe ser sencillo y que valide correctamente la informacion	200		Programador de la GIAJ
ID	Tipo de elemento de trabajo	Título	Descripción	Criterio de aceptación	Punto	Sprint	Asignado a
0004	historia de usuario	Panel de control para administrar usuarios	Yo como gerente de sistemas del programa juventud quiero que los usuarios administradores puedan actualizar la informacion de los usuarios comunes y a su vez puedan restablecer su contraseña de forma rapida y sencilla	el panel de control debe ser sencillo y que valide correctamente la informacion	200		Programador de la GIAJ
0005	historia de usuario	Filtrar formularios programas	Yo como gerente de sistemas del programa juventud quiero que a los usuarios comunes puedan visualizar los formularios dinamicos que pertenezcan a su programa asignado	esta opcion debe ser aplicada para los formularios dinamicos, los formularios	30		Programador de la GIAJ
0006	historia de usuario	Definir observaciones	Yo como gerente de sistemas del programa juventud quiero añadir observaciones a cada persona (si es necesario) por cada respuesta asignada en un formulario dinamico	las observaciones no deben ser obligatorias pero si deben contener texto	300		Programador de la GIAJ
0007	historia de usuario	Descargar informes	Yo como gerente de sistemas del programa juventud quiero que se puedan descargar las respuestas ingresadas en cada formulario dinamico	los archivos deben ser en formato xlsx	400		Programador de la GIAJ

Ilustración 59. Historias de usuarios: falta de historias de usuarios.

En la Ilustración 6 se agregan historias de usuarios y funcionalidades.

ID	Tipo de elemento de trabajo	Título	Descripción	Criterio de aceptación	Punto	Sprint	Estado	Asignado a
0008	historia de usuario	Deshabilitar formularios	Yo como generante de sistemas del programa juventud QUIERO que se puedan Deshabilitar los formularios para controlar el usuario final cuando se requiera.	Debe permitir deshabilitar formulario	300	1		Programador de la GIAJ
0009	historia de usuario	Editar programs	Yo como generante de sistemas del programa juventud QUIERO que se pueda editar la asignación de programas para que se puedan cambiar cuando se requiera.	Editar programas-guardar programas	300	1		Programador de la GIAJ
0010	historia de usuario	Generar informes	Yo como generante de sistemas del programa juventud QUIERO que se pueda generar los informes por rangos de fechas para tener una información más precisa.	Generar informes por rango de fecha	400	1		Programador de la GIAJ

Ilustración 60. Historias de usuario: se adicionan historias de usuario.

El Resultado de funcionalidad del primer sprint N1 se presenta en la Ilustración.

←
Formulario dinamico

---

**Cual es la independencia de Cartagena**

Seleccione una fecha
📅

**de una opinión sobre la universidad de Antioquia**

Respuesta

**Reeligiria a Duque?**

Seleccione una opcion
▼

**Elija uno o varios postres**

Pastel

Café

Dulce de Papaya

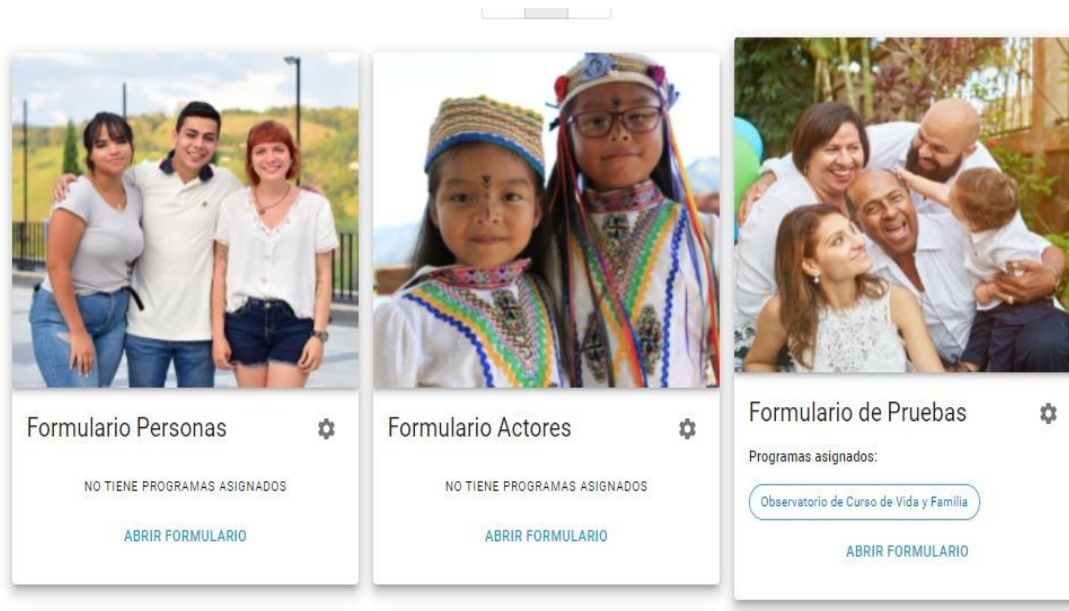


Ilustración 61. Sprint2: resultados del sprint n2.

### Resultados Sprint 2 del trabajo de campo

En la matriz de calificación mostrada a continuación se presentan las variables de entradas del Análisis Cualitativo, probabilidad e Impacto y la evaluación de cada uno de los expertos calificadores para cada uno de los riesgos de la priorización del Sprint2. Cada evaluador hace una evaluación cualitativa de la Probabilidad de ocurrencia y el Impacto en caso de que ocurra el riesgo; las variables de entradas, Probabilidad e Impacto tienen cinco niveles cada una, conocidos como término lingüístico, distribuidos así: muy baja, baja, media, alta, muy alta.

La matriz de calificación de los evaluadores expertos del riesgo se muestra en la Tabla .

Tabla 81. Matriz de calificación: evaluación de los evaluadores expertos.

Código Nombre	Variable de entrada Probabilidad				Variable de entrada Impacto			
	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Evaluador 4
R5	Alta	Media	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
R6	Media	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media
R7	Baja	Media	Baja	Baja	Media	Alta	Alta	Media
R8	Alta	Alta	Media	Baja	Alta	Alta	Media	Media

En el resultado de la evaluación se muestra la variable de salida, llamada Factor del Riesgo. Al igual que las variables de entradas del Análisis Cualitativo tiene cinco niveles conocidos como término lingüístico, distribuidos así: muy baja, baja, media, alta, muy alta,

y de acuerdo con la selección que haga cada experto en la matriz de variables de entrada arroja unos resultados, generando así la priorización de los riesgos y, al mismo tiempo, de acuerdo con el peso del riesgo, recomienda unas acciones a aplicar distribuidas así: despreciable, tolerable, nivel medio. Requiere gestión del riesgo, sustancial e intolerable, riesgo prioritario, y de acuerdo con ello se le aplica o no, se halla el nivel, magnitud o alcance de cada riesgo.

El resultado de la evaluación de expertos al calificar la matriz de riesgos y procesarla en la herramienta se muestra en la Ilustración 25.

5	R5	R-01-005	Falta de documento de arquitectura y diseño	0.5500	Medio	Requiere gestión de riesgo	PR5T2	EDIT DELETE
6	R6	R-01-006	El reporte de información se vuelve tedioso de estructurar por que no hay normalización y rompe la ruta de encadenamiento de la información	0.5001	Medio	Requiere gestión de riesgo	PR6T2	EDIT DELETE
7	R7	R-02-007	Los nombres de los campos son genéricos dificultando el análisis de la información	0.3500	Baja	Tolerable	PR7T2	EDIT DELETE
8	R8	R-02-008	Almacenamiento de información no estructurada	0.5000	Medio	Requiere gestión de riesgo	PR8T2	EDIT DELETE

Ilustración 25. Resultados de la evaluación: valores arrojados al procesar la herramienta.

En la matriz de calificación mostrada a continuación se presentan las tres variables de entradas del análisis cuantitativo: probabilidad del riesgo, gravedad del riesgo y consecuencia económica, y la evaluación de cada uno de los expertos calificadores para cada uno de los riesgos de la priorización del Sprint1. Cada evaluador hace una evaluación cuantitativa de la probabilidad de ocurrencia, Gravedad del Riesgo y Consecuencia Económica en caso de que ocurra el riesgo. Las variables de entradas Probabilidad del Riesgo, Gravedad del Riesgo, tienen cinco niveles cada una, conocidos como termino lingüístico, distribuidas así: muy baja, baja, media, alta, muy alta, y consecuencia económica también tiene cinco niveles distribuidos así: marginal (M), importante (I), severo (S), gravedad (G).

La calificación de los evaluadores expertos del riesgo se registra en la



Tabla 25,  
Tabla 3 y Tabla .

Tabla 25. Matriz de calificación: evaluación del sprint n2 en la variable probabilidad

<b>Código Nombre</b>	<b>Análisis Cuantitativo, Variable de entrada Probabilidad:</b>			
	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4
R5	8	8	5	6
R6	8	7	9	6
R7	4	5	3	4
R8	8	8	5	8

Tabla 83. Matriz de calificación: evaluación del sprint n2 en la variable gravedad del riesgo.

<b>Código Nombre</b>	<b>Análisis Cuantitativo, Variable de entrada Gravedad del riesgo:</b>			
	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4
R5	7	6	10	8
R6	6	5	5	4
R7	7	7	8	7
R8	7	9	5	6

Tabla 84. Matriz de calificación: evaluación del sprint n2 en la variable de consecuencia económica.

<b>Código Nombre</b>	<b>Análisis Cuantitativo, Variable de entrada Consecuencia económica:</b>			
	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4
R5	9	8	10	5
R6	5	5	7	5
R7	6	6	7	4
R8	9	9	5	3

En el resultado de la evaluación se muestra la variable de salida, llamada Nivel del Riesgo. A diferencia de las variables de entradas del análisis cuantitativo, tiene 4 niveles conocidos como termino lingüístico, distribuidos así: negligente (N), menor (Me), mayor (Ma), crítico(C), y, de acuerdo con la selección que haga cada experto en la matriz de variables de entrada, arroja unos resultados, generando así el nivel, magnitud o alcance de los riesgos y, al mismo tiempo, de acuerdo con el nivel del riesgo, recomienda unas acciones a aplicar, distribuidas así: riesgo aceptable, el riesgo es tolerable, el control del riesgo debe ser emprendido si es rentable hacerlo, el riesgo debe reducirse si es razonablemente practicable de hacerlo, el riesgo debe ser reducido, salvo en circunstancias excepcionales, y de acuerdo con ello se toma la decisión de aplicar o no aplicar el tratamiento a cada riesgo.

En la Ilustración 6 se muestra el Resultado de la evaluación de expertos al calificar la matriz de riesgos y procesarla en la herramienta.

5	R5	R-01-005	Falta de documento de arquitectura y diseño	7.7653	Mayor(Ma)	Reducir si es razonable	NR5T2	EDIT DELETE
6	R6	R-01-006	El reporte de información se vuelve tedioso de estructurar por que no hay normalización y rompe la ruta de encadenamiento de la información	6.7457	Mayor(Ma)	Reducir si es razonable	NR6T2	EDIT DELETE
7	R7	R-02-007	Los nombres de los campos son genéricos dificultando el análisis de la información	5.2586	Mayor(Ma)	Reducir si es razonable	NR7T2	EDIT DELETE
8	R8	R-02-008	Almacenamiento de información no estructurada	7.6613	Mayor(Ma)	Reducir si es razonable	NR8T2	EDIT DELETE

Ilustración 63. Resultado de la evaluación: procesamiento de la herramienta.

Las evidencias de los riesgos tratados se presentan en la Ilustración .

5	R5	R-01-005	Diseño	Falta de documento de arquitectura y diseño	Activo	EDIT DELETE
6	R6	R-01-006	Arquitectura	El reporte de información se vuelve tedioso de estructurar por que no hay normalización y rompe la ruta de encadenamiento de la información	Activo	EDIT DELETE
7	R7	R-02-007	Diseño	Los nombres de los campos son genéricos dificultando el análisis de la información	Activo	EDIT DELETE
8	R8	R-02-008	Arquitectura	Almacenamiento de información no estructurada	Activo	EDIT DELETE

Ilustración 64. Evidencias de los riegos: riesgos tratados.

## Resultado de funcionalidad del Sprint 2:

Los resultados obtenidos en el primer sprint van ligados a funcionalidades requeridas por los usuarios finales en los formularios que se registran dinámicamente. Dicho producto se diseñó para el seguimiento de acciones ejercidas por un grupo de programas que pertenecen en la GIAJ de la Gobernación de Antioquia, las cuales, para cada formulario dinámico, pueden ser vistas como acciones que dichos programas realizarán en varias partes de Antioquia. La construcción de dichos formularios tendrá funciones que, al ser requeridas, se podrán añadir personas o actores en el mismo formulario para su inclusión en el registro de la acción; con el fin de agilizar dicho proceso, cabe añadir que solo el usuario con rol de administrador puede desde el panel de control de ese formulario desactivar o activar dicho requerimiento.

Se pudo obtener también el resultado de tener un control sobre cada usuario, administrando sus datos y asignando sus roles de una forma sencilla y amigable a la vista.

## Evidencias del Sprint 2:

Con el sprint 2 se implementarán funciones para la creación de informes en forma de hojas de cálculo de Office para agilizar los reportes de información que almacena la base de datos. Las evidencias del documento de arquitectura y diseño se presentan en la Ilustración, Ilustración e Ilustración .

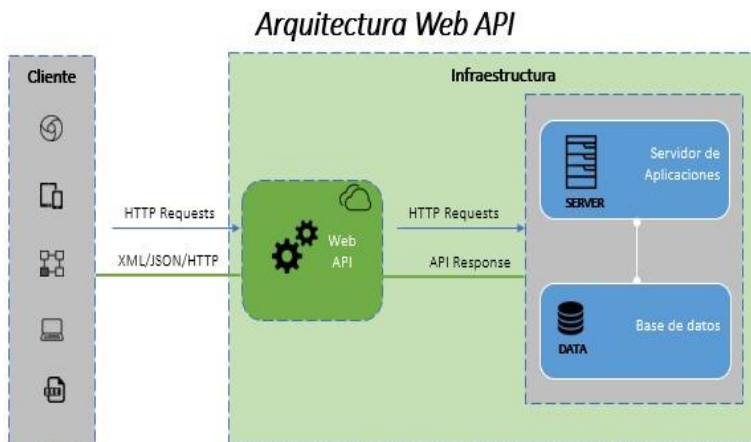
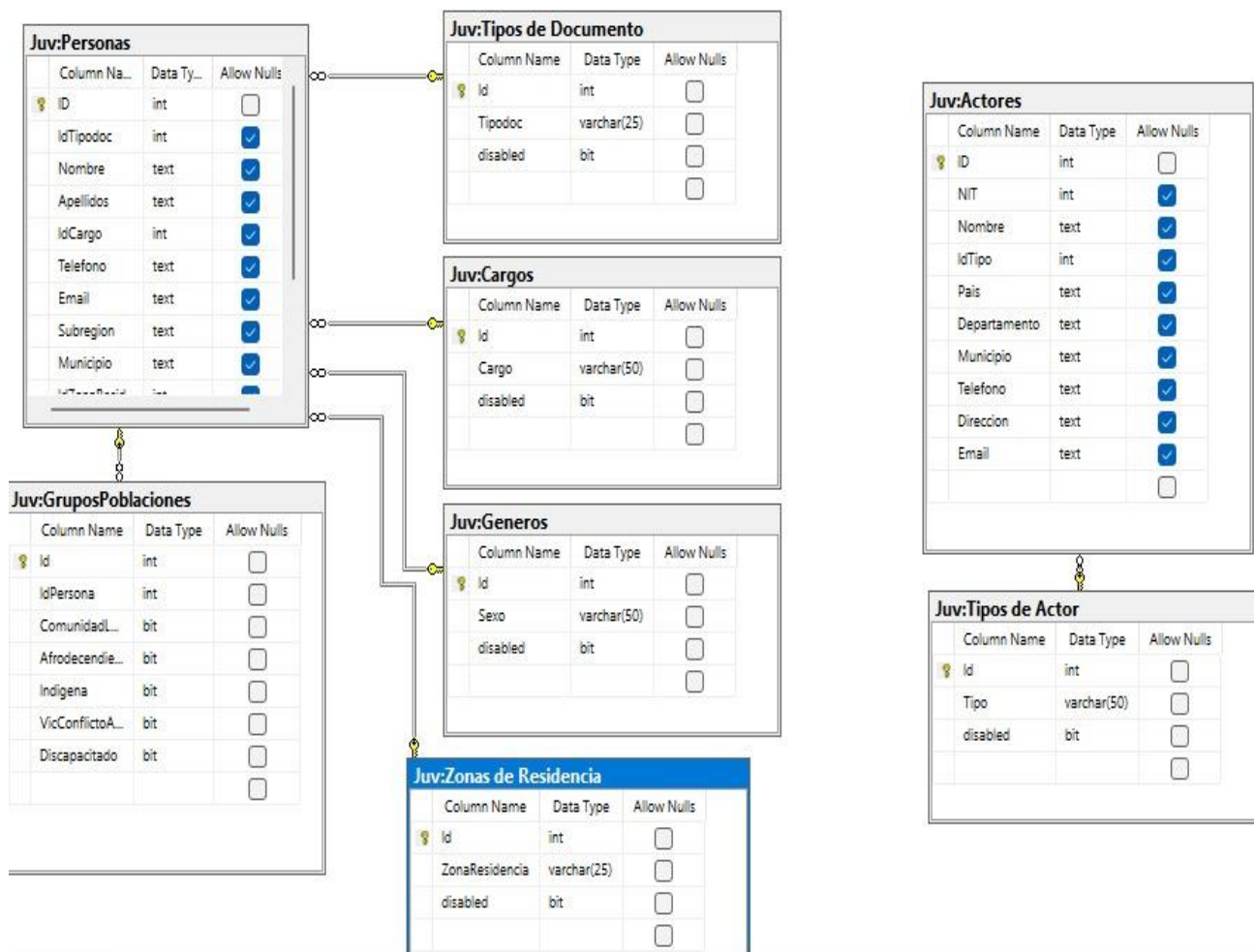


Ilustración 65. Arquitectura web: estructura tecnológica utilizada en el software de desarrollo.

Fuente: <http://blog.hadsonpar.com/2020/02/aspnet-core-crear-web-api-con-c-y-ef.html?showComment=1604709683355>.

Extracto del modelo de entidad - relación:





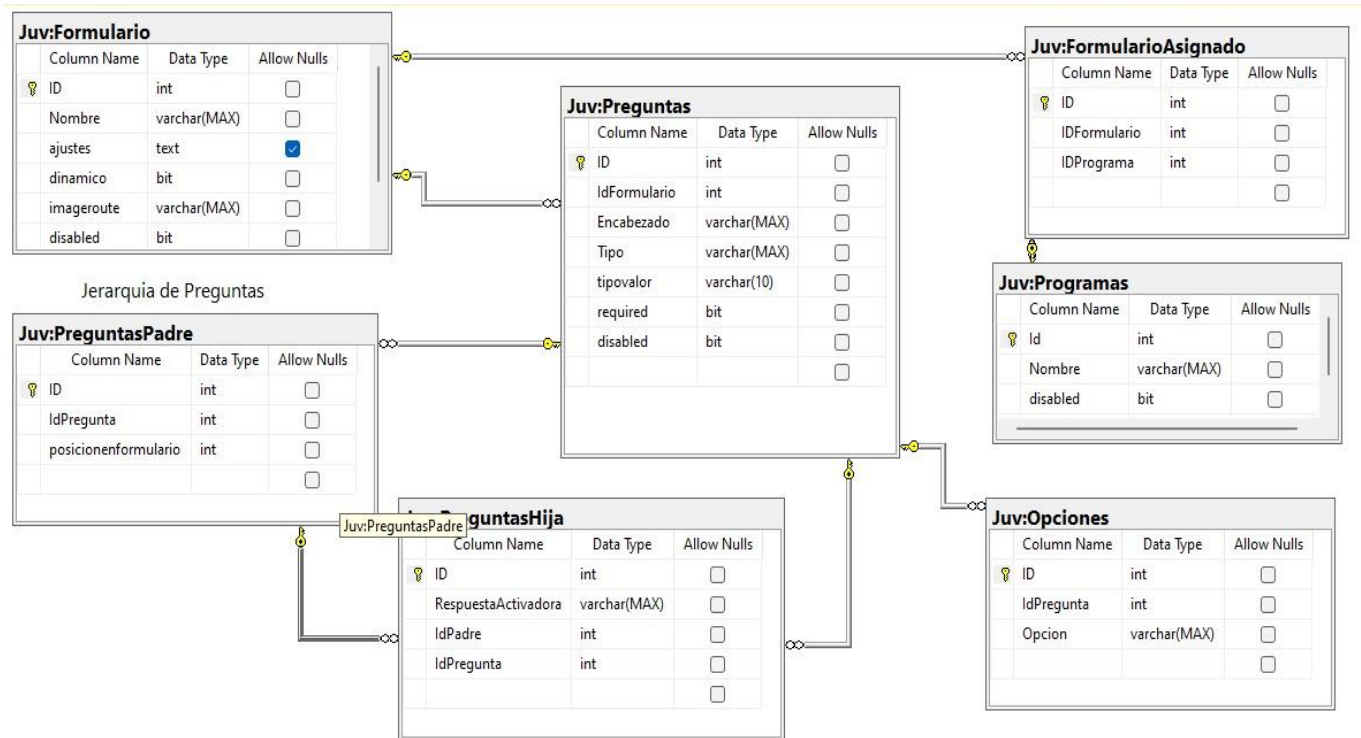


Ilustración 66. Modelo de base de datos: estructura de almacenamiento utilizada en la aplicación.

Muestras del Prototipo se presentan en las ilustración 69.



Ilustración 67. Prototipos: prototipo del modelo de diseño.

Las evidencias del reporte se muestran en la Ilustración.

Código de Registro	Usuario	Nombres	Apellidos	Fecha de Registro	Cual es la independencia	de una opinión sobre la universidad de	Reelegiría	Elija uno o varios
10	rafaelmad97	Rafael Alfonso	Madrid Buelvas	Fri Nov 12 2021 22:34:01 GMT-0500 (hora estándar de Colombia)	2021/11/12	de Cartagena Antioquia	de una opinión sobre la universidad de	Reelegiría a Duque postres
11	jmaring	Juan Gonzalo	Marin Gil	Fri Nov 12 2021 22:55:02 GMT-0500 (hora estándar de Colombia)	2021/7/20	de Cartagena Antioquia	de una opinión sobre la universidad de	Reelegiría a Duque postres
12	rafaelmad97	Rafael Alfonso	Madrid Buelvas	Fri Nov 12 2021 23:00:57 GMT-0500 (hora estándar de Colombia)	2021/11/28	de Cartagena Antioquia	de una opinión sobre la universidad de	Reelegiría a Duque postres
13	rafaelmad97	Rafael Alfonso	Madrid Buelvas	Fri Nov 12 2021 23:03:09 GMT-0500 (hora estándar de Colombia)	2021/11/7	de Cartagena Antioquia	de una opinión sobre la universidad de	Reelegiría a Duque postres
13	rafaelmad97	Rafael Alfonso	Madrid Buelvas	Fri Nov 12 2021 23:03:09 GMT-0500 (hora estándar de Colombia)	2021/11/7	de Cartagena Antioquia	de una opinión sobre la universidad de	Reelegiría a Duque postres
14	jmaring	Juan Gonzalo	Marin Gil	Fri Nov 12 2021 23:04:03 GMT-0500 (hora estándar de Colombia)	2021/11/29	de Cartagena Antioquia	de una opinión sobre la universidad de	Reelegiría a Duque postres
15	jmaring	Juan Gonzalo	Marin Gil	Fri Nov 12 2021 23:04:38 GMT-0500 (hora estándar de Colombia)	2021/11/15	de Cartagena Antioquia	de una opinión sobre la universidad de	Reelegiría a Duque postres

Ilustración 68. Evidencias del reporte: información para el usuario final normalizada.

Resultados Sprint 3 del trabajo de campo:

En la matriz de calificación mostrada a continuación se presentan las variables de entradas del Análisis Cualitativo, probabilidad e impacto y la evaluación de cada uno de los expertos calificadores para cada uno de los riesgos de la priorización del Sprint3. Cada evaluador hace una evaluación cualitativa de la Probabilidad de ocurrencia y el Impacto en caso de que ocurra el riesgo; las variables de entradas, Probabilidad e Impacto, tienen cinco niveles cada una, conocidos como término lingüístico, distribuidos así: muy baja, baja, media, alta, muy alta.

La Matriz de calificación de los evaluadores expertos del riesgo se registra en la Tabla 85. Matriz de calificación: calificación de los evaluadores en el sprint n3.

Tabla 85. Matriz de calificación: calificación de los evaluadores en el sprint n3.

Código Nombre	Variable de entrada Probabilidad				Variable de entrada Impacto			
	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4
R9	Alta	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta	Alta

R10	Media	Media	Muy alta	Media	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Media
R11	Alta	Alta	Media	Media	Baja	Media	Baja	Baja
R12	Baja	Media	Baja	Baja	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta

En el resultado de la evaluación se encuentra la variable de salida, llamada Factor del Riesgo. Al igual que las variables de entradas del Análisis Cualitativo, tiene cinco niveles, conocidos como término lingüístico, distribuidos así: muy baja, baja, media, alta, muy alta, y, de acuerdo con la selección que haga cada experto en la matriz de variables de entrada, arroja unos resultados, generando así la priorización de los riesgos y, al mismo tiempo, de acuerdo con el peso del riesgo, recomienda unas acciones a aplicar distribuidas así: despreciable, tolerable, nivel medio. Requiere gestión del riesgo, sustancial e intolerable, riesgo prioritario, y de acuerdo con ello se le aplica o no se halla el nivel, magnitud o alcance de cada riesgo.

El resultado de la evaluación de expertos al calificar la matriz de riesgos y procesarla en la herramienta se registra en la Ilustración .

9	R9	R-01-009	Falta de planificación del set de prueba	0.5000	Medio	Requiere gestión de riesgo	PR9T3	EDIT DELETE
10	R10	R-02-010	Fuga de información	0.5000	Medio	Requiere gestión de riesgo	PR10T3	EDIT DELETE
11	R11	R-04-011	No planificar y realizar pruebas en diferentes navegadores	0.3501	Baja	Tolerable	PR11T3	EDIT DELETE
12	R12	R-03-012	La aplicación no funciona con varios usuarios	0.3500	Baja	Tolerable	PR12T3	EDIT DELETE

Ilustración 69. Resultado de la evolución: procesamiento de la información.

En la matriz de calificación mostrada a continuación se presentan las tres variables de entradas del análisis cuantitativo Probabilidad del Riesgo, Gravedad del Riesgo y Consecuencia Económica, y la evaluación de cada uno de los expertos calificadores para cada uno de los riesgos de la priorización del Sprint1. Cada evaluador hace una evaluación



cuantitativa de la probabilidad de ocurrencia, Gravedad del Riesgo y Consecuencia Económica, en caso de que ocurra el riesgo. Las variables de entradas Probabilidad del Riesgo y Gravedad del Riesgo tienen cinco niveles cada una, conocidos como termino lingüístico, distribuidas así: muy baja, baja, media, alta, muy alta y consecuencia económica, y también tiene cinco niveles distribuidos así: marginal (M), importante (I), severo (S), gravedad(G).

La calificación de los evaluadores expertos del riesgo está en la Tabla 86, Tabla y Tabla 8).

Tabla 86. Matriz de calificación: evaluación de los expertos sprint n3 de la variable de Probabilidad.

<b>Código Nombre</b>	<b>Análisis Cuantitativo, Variable de entrada Probabilidad:</b>			
	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4
R9	6	6	5	6
R10	7	8	10	9
R11	4	3	5	6
R12	9	2	2	3

Tabla 87. Matriz de calificación: evaluación de los expertos sprint n3 de la variable de gravedad de riesgo.

<b>Código Nombre</b>	<b>Análisis Cuantitativo, Variable de entrada Gravedad del riesgo:</b>			
	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4
R9	8	5	5	6
R10	10	9	10	9
R11	4	4	4	6
R12	8	8	8	7

Tabla 88. Matriz de calificación: evaluación de los expertos sprint n3 de la variable de consecuencia económica.

<b>Código Nombre</b>	<b>Análisis Cuantitativo, Variable de entrada Consecuencia económica:</b>			
	Evaluador1	Evaluador2	Evaluador3	Evaluador4
R9	7	7	7	6
R10	10	9	10	9
R11	4	4	3	4
R12	7	8	9	10

En el resultado de la evaluación se muestra la variable de salida llamada Nivel del Riesgo. A diferencia de las variables de entradas del análisis cuantitativo, tiene 4 niveles conocidos como término lingüístico, distribuidos así: negligente (N), menor (Me), mayor (Ma), crítico (C), y, de acuerdo con la selección que haga cada experto en la matriz de variables de entrada, arroja unos resultados, generando así el nivel, magnitud o alcance de los riesgos y, al mismo tiempo, de acuerdo con el nivel del riesgo recomienda unas acciones a aplicar

distribuidas así: riesgo aceptable; el riesgo es tolerable; el control del riesgo debe ser emprendido si es rentable hacerlo; el riesgo debe reducirse si es razonablemente practicable de hacerlo; el riesgo debe ser reducido, salvo en circunstancias excepcionales y, de acuerdo con ello, se toma la decisión de aplicar o no aplicar el tratamiento a cada riesgo.

El resultado de la evaluación de expertos al calificar la matriz de riesgos y procesarla en la herramienta se muestra en la Ilustración 7.

9	R9	R-01-009	Falta de planificación del set de prueba	6.9320	Mayor(Ma)	Reducir si es razonable	NR9T3	EDIT DELETE
10	R10	R-02-010	Fuga de información	8.8004	Critico(C)	Reducir o aplicar excepción	NR10T3	EDIT DELETE
11	R11	R-04-011	No planificar y realizar pruebas en diferentes navegadores	4.7051	Menor(Me)	Tolerable aplicar control si es rentable	NR11T3	EDIT DELETE
12	R12	R-03-012	La aplicación no funciona con varios usuarios	6.4997	Mayor(Ma)	Reducir si es razonable	NR12T3	EDIT DELETE

Ilustración 70. Resultado de la evaluación: procesamiento de la información con la herramienta.

Las evidencias de los riesgos tratados Ilustración .

10	R9	R-01-009	Pruebas funcionales	Falta de planificación del set de prueba	Activo	EDIT DELETE
11	R10	R-02-010	Pruebas funcionales	Fuga de información	Activo	EDIT DELETE
12	R11	R-04-011	Pruebas no funcionales	No planificar y realizar pruebas en diferentes navegadores	Activo	EDIT DELETE
13	R12	R-03-012	Pruebas no funcionales	La aplicación no funciona con varios usuarios	Activo	EDIT DELETE

Ilustración 71. Evidencia de los riesgos tratados: ilustración de los riesgos que entraron a tratamiento.

### Evidencias del Sprint 3:

Documento para evidenciar las pruebas y errores que pueda contener el sistema

El Documento de pruebas programación y ejecución se muestra en la Ilustración .

ID	Tipos de pruebas	Subtipos de pruebas	Módulo al cual se le realiza la prueba	Descripción Caso / Pasos	Resultado Esperado
1	Sistema	Interfaz de usuario	Todos los módulos	El sistema en términos generales, maneja una estructura	Funcionalidad de los
2	Sistema	Interfaz de usuario	Todos los módulos	1. El sistema cuenta con un botón de inicio, en la parte	El uso de estas
3	Sistema	Interfaz de usuario	Módulo COVID	Dicho módulo fue desarrollado siguiendo la misma estructura	El uso del módulo lo pueda
4	Sistema	Interfaz de usuario	Reportes -	Ingresar al título "Informes" y posteriormente al módulo	La navegación en el
5	Funcionales	Ciclo de negocio	Todos los módulos	Basados en la Política Pública Departamental de Primera	Lo módulos desarrollados
6	Funcionales	Ciclo de negocio	Todos los módulos	Basados en la Política Pública Departamental de Primera	Los módulos desarrollados,
7	Funcionales	Caja Negra	Bienestarina -	Se ingresan los datos de operador, municipio, modalidad, la	Que el sistema guarde el
8	Funcionales	Usabilidad	Contratos -	Es ingresado el NIT de un operador ya existente en el	Que el sistema muestre
9	Funcionales	Usabilidad	Seguimiento -	Se cargan archivos en formato xls, docx y pdf en el módulo.	Que el sistema guarde el

Resultado Actual	Prioridad	Tester	Fecha	Número Incidentes	Tiempo de la prueba	Estado
Es posible dar un barrido por cada uno de los módulos y con	Alta	Analista	9/2/2021	N/A	25 minutos	Finalizado
Los iconos utilizados en cada uno de los botones, permite	Alta	Analista	9/2/2021	N/A	4 minutos	Finalizado
El módulo es intuitivo y maneja la misma estructura de los	Alta	Analista	10/2/2021	N/A	3 minutos	Finalizado
El módulo cuenta con 4 botones que muestran resultados	Media	Analista	10/2/2021	N/A	2 minutos	Finalizado
El sistema presenta módulos que permiten realizar el	Alta	Analista	11/2/2021	N/A	15 minutos	Finalizado
En el sistema se cuenta con módulos como	Alta	Analista	12/2/2021	N/A	15 minutos	Finalizado
Se realiza la operación desde el sistema sin problemas y	Alta	Analista	13/2/2021	N/A	6 minutos	Finalizado
Inmediatamente se diligencia el campo de NIT operador, se	Media	Analista	12/2/2021	N/A	3 minutos	Finalizado
El sistema muestra error e indica que solo es posible cargar	Baja	Analista	12/2/2021	1	4 minutos	En Proceso

Ilustración 72. Documentos de pruebas: ejecución de las pruebas.

Protocolos seguros para la manipulación de los datos

En la Ilustración 7 se muestran las Evidencias de seguridad.

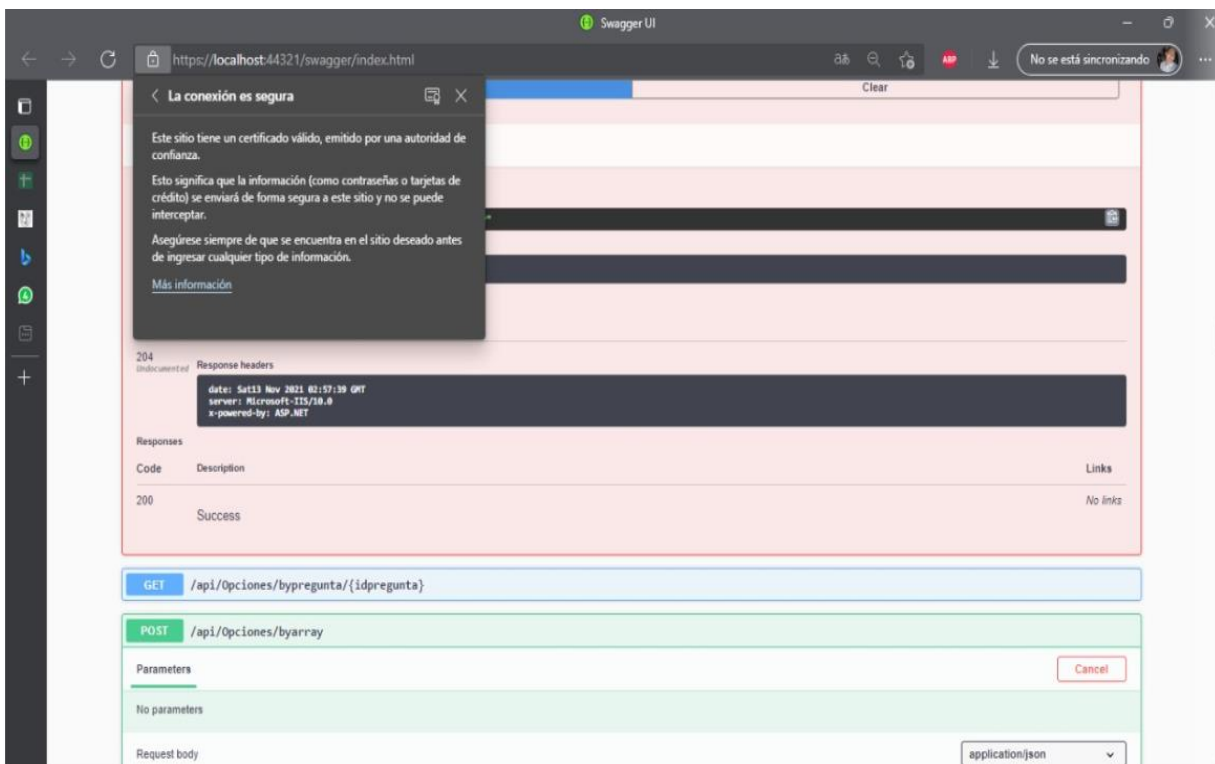


Ilustración 73. Evidencias de seguridad: protocolos seguros

Compatibilidad con varios navegadores. En la Ilustración se muestra la Navegación en varios servidores.

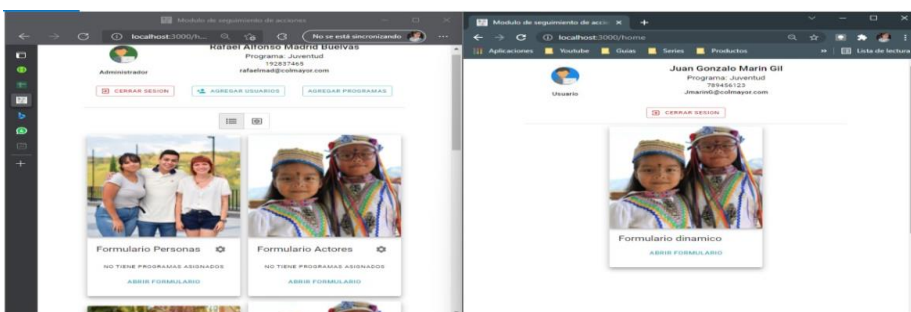


Ilustración 74. Navegación: compatibilidad con varios navegadores

### Análisis y resultados:

Se elaboró una encuesta para calificar la estrategia de validación abordada en este trabajo de investigación. La población seleccionada fue el equipo de trabajo del proyecto y todo el personal del área técnica de la institución.

Los resultados fueron bastante satisfactorios porque el 100% de los encuestados respondió de manera afirmativa a las 7 preguntas (de contestación SÍ o NO), y solo a la pregunta número 9 (¿Cree que los métodos ágiles ofrecen algún tipo de gestión del riesgo en sí misma?) el 37,5% dijo NO y el 62,5% dijo SÍ. A la pregunta ¿Por qué la gestión de riesgos es necesaria para proyectos ágiles?, todas las respuestas coincidieron en ver la necesidad de gestionar riesgos en las metodologías ágiles. En la siguiente tabla se presenta la síntesis de resultados por preguntas.

La síntesis de resultados de la encuesta de percepción de la estrategia se muestra en la Tabla 89. Encuesta: preguntas de la encuesta.

Tabla 89. Encuesta: preguntas de la encuesta.

Orden	Preguntas de la encuesta para calificar la estrategia de investigación	SI	NO
1	¿Es posible gestionar los riesgos de un proyecto con la estrategia implementada?	100%	
2	¿El proceso de gestión de riesgo de esta estrategia es claro y entendible?	100%	
3	¿La herramienta diseñada para la gestión de riesgo es fácil de manejar?	100%	

4	¿La efectividad de la herramienta encaja con la filosofía del manifiesto ágil?	100%	
5	¿Piensa usted que, al gestionar riesgos con esta herramienta implementada, se aumenta el tiempo de entrega?		100%
6	¿Piensa usted que, al gestionar riesgos con esta herramienta implementada, se aumenta el costo del proyecto?		100%
7	¿Por qué la gestión de riesgos es necesaria para proyectos ágiles?	N/A	
8	¿Cree que los métodos ágiles ofrecen algún tipo de gestión del riesgo en sí misma?	62,5%	37.5 %
9	¿Cree usted que llevar los riesgos en un proyecto ágil es una carga más que no aporta en nada al éxito del proyecto?		100%

En la Ilustración se muestran los Gráficos de la encuesta.

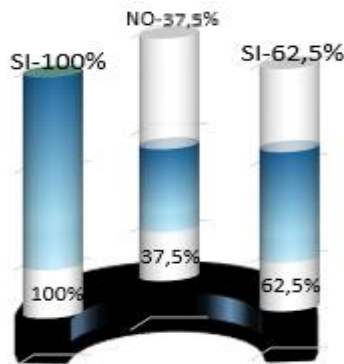


Ilustración 75. Encuesta: representación gráfica de la encuesta.

### Análisis del Sprint N1:

Los resultados se ordenan en la Tabla 90. De los cuatro riesgos del primer sprint se encontró que el riesgo de utilizar tecnologías no escalables es el de mayor gravedad, con un nivel de 7,3728 y con un término lingüístico de Mayor; le sigue el riesgo de falta de funcionalidad en las historias de usuarios, con un nivel de 6,6296, seguido del riesgo de desconocimiento en las herramientas React, Middleware: Net Core web Api C#, con un nivel de 5,8131; y, en el último lugar, encontramos el riesgo de falta de historias de usuarios para satisfacer las necesidades del usuario final, en la priorización del *sprint planing*, con un nivel de 5,0000.

Tabla 90. Sprint n1: Análisis del sprint n1

Orden	Código Nombre	Descripción del riesgo	Nivel	Categoría	Término lingüístico	Acción a aplicar
1	R1	Falta de historias de usuarios para satisfacer las necesidades del usuario final en la priorización del <i>sprint planing</i>	5,0000	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable
2	R2	Desconocimiento en las Herramientas React, Middleware: Net Core web Api C#	5,8131	Viabilidad Técnica. TIC	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable
3	R3	Falta de funcionalidad en las historias de usuarios	6,6296	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable
4	R4	Utilizar tecnologías no escalables	7,3728	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable

Si esta categoría de riesgos de Viabilidad Técnica e Ingeniería de Requisitos no se gestiona en los proyectos de desarrollo de software de metodologías ágiles, pueden verse afectados por este tipo de riesgos, como son: utilizar tecnologías no escalables, falta de funcionalidad en las historias de usuarios y falta de historias de usuarios, para satisfacer las necesidades del usuario final, en la priorización *del sprint planning*, causando grandes problemas al materializarse dicho riesgo.

Si esta categoría de riesgos de Viabilidad Técnica y TIC no se gestiona, los proyectos de desarrollo de software de metodologías ágiles pueden verse afectados por este tipo de riesgos, como el riesgo denominado 'desconocimiento en las herramientas tecnológicas'. En la Ilustración 76 se presentan los riesgos seleccionados para el Sprint1.

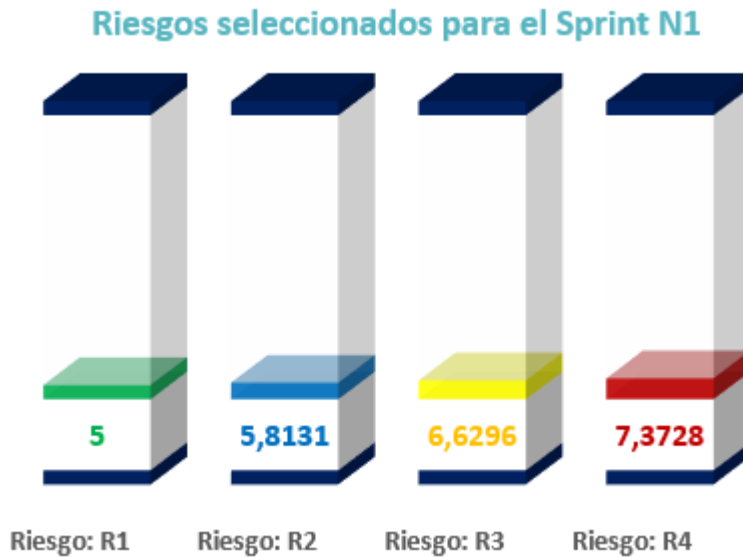


Ilustración 76. Resultado del sprint n1: riesgos seleccionados para el sprint n1.

### **Análisis del Sprint N2:**

Al ordenar los resultados de los cuatros riesgos del segundo sprint se encontró que el riesgo de la falta de documento de arquitectura y diseño es el de mayor gravedad con un nivel de 7,7653, con un término lingüístico de Mayor; le sigue el riesgo de almacenamiento de información no estructurada, con un nivel de 7,6613, seguido del riesgo de que el reporte de información se vuelve tedioso de estructurar porque no hay normalización y rompe la ruta de encadenamiento de la información, con un nivel de 6,7457. En último lugar, encontramos el riesgo de que los nombres de los campos son genéricos dificultando el análisis de la información, con un nivel de 5,2586, Tabla.

Tabla 91. Sprint n2: análisis del sprint n2

Orden	Código nombre	Descripción del riesgo	Nivel	Categoría	Término lingüístico	Acción a aplicar
1	R5	Los nombres de los campos son genéricos dificultando el análisis de la información	5,2586	Diseño	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable
2	R6	El reporte de información se vuelve tedioso de estructurar porque no hay	6,7457	Arquitectura	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable



		normalización y rompe la ruta de encadenamiento de la información				
3	R7	Almacenamiento de información no estructurada	7,6613	Arquitectura	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable
4	R8	Falta de documento de arquitectura y diseño	7,7653	Diseño	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable

Si esta categoría de riesgos de diseño no se gestiona, los proyectos de desarrollo de software de metodologías ágiles pueden verse afectados por este tipo de riesgos, como son: falta de documento de arquitectura y diseño y el riesgo de que los nombres de los campos son genéricos dificultando el análisis de la información, causando grandes problemas al materializarse dicho riesgo.

Si esta categoría de riesgos de arquitectura no se gestiona, los proyectos de desarrollo de software de metodologías ágiles pueden verse afectados por este tipo de riesgos, como son: almacenamiento de información no estructurada y el riesgo de que el reporte de información se vuelve tedioso de estructurar porque no hay normalización y rompe la ruta de encadenamiento de la información. En la Ilustración 77 se muestran los riesgos seleccionados para el Sprint2Ilustración 77. Resultado del sprint n2: riesgos seleccionados el sprint n2.



Ilustración 77. Resultado del sprint n2: riesgos seleccionados el sprint n2

### Análisis del Sprint N3:

Al ordenar los resultados de los cuatro riesgos del tercer sprint se encontró que el riesgo de la fuga de información es el de mayor gravedad, con un nivel de 8.8004 y con un término lingüístico de Crítico (C); le sigue el riesgo de falta de planificación del set de prueba, con un nivel de 6.9320, seguido del riesgo de que la aplicación no funciona con varios usuarios, con un nivel de 6.4997. En el último lugar encontramos el riesgo de no planificar y realizar pruebas en diferentes navegadores, con un nivel de 4.7051 (ver Tabla 92).

Tabla 92. Sprint n3: análisis del Sprint n3

Orden	Código Nombre	Descripción del riesgo	Nivel	Categoría	Término lingüístico	Acción a aplicar
1	R9	No planificar y realizar pruebas en diferentes navegadores	4.7051	Prueba no funcional	Menor (Me)	Tolerable aplicar control si es rentable
2	R10	La aplicación no funciona con varios usuarios	6.4997	Prueba no funcional	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable
3	R11	Falta de planificación del set de prueba	6.9320	Prueba Funcional	Mayor (Ma)	Reducir o aplicar excepción
4	R12	Fuga de información	8.8004	Prueba Funcional	Crítico (C)	Reducir o aplicar excepción

Si esta categoría de riesgos de prueba funcional no se gestiona, los proyectos de desarrollo de software de metodologías ágiles pueden verse afectados por este tipo de riesgos, como son: falta de planificación del set de prueba y el riesgo de fuga de información, causando grandes problemas al materializarse dichos riesgos.

Si esta categoría de riesgos de prueba no funcional no se gestiona, los proyectos de desarrollo de software de metodologías ágiles pueden verse afectados por este tipo de riesgos, como son: no planificar y realizar pruebas en diferentes navegadores y el riesgo de que la aplicación no funciona con varios usuarios. En la Ilustración e Ilustración se muestran los riesgos seleccionados para el Sprint3.

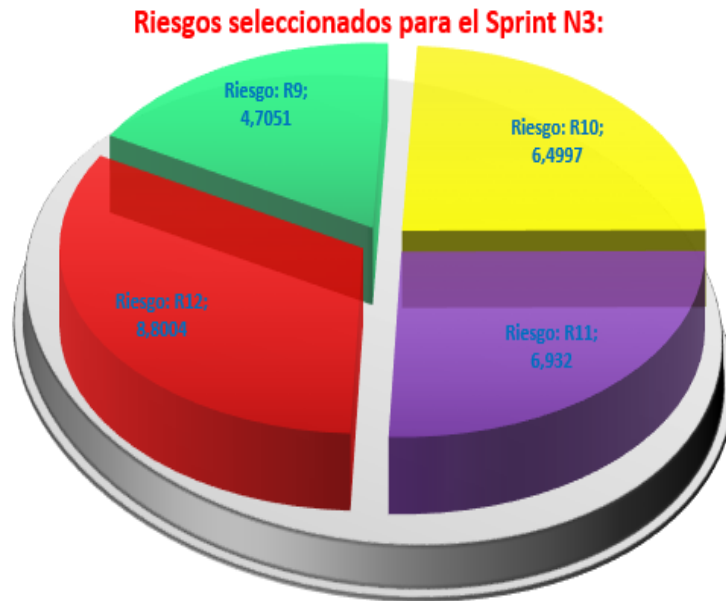


Ilustración 78. Resultado del sprint n3: riesgos seleccionados para el sprint n3



Ilustración 79. Resultado del sprint n3: gráfico tipo barra con los riesgos del sprint n3.

**Análisis a nivel general del proyecto:**

En la Tabla 93. Riesgos a nivel de proyectos: análisis a nivel general del proyecto.se encuentra todo el tratamiento de los riesgos a nivel de proyectos, y muestra la exposición del riesgo a nivel de proyecto y los resultados.

Tabla 93. Riesgos a nivel de proyectos: análisis a nivel general del proyecto.

Ítem	Código	Descripción del riesgo	Categoría	Término lingüístico	Acción a aplicar	Sprint	Nivel
1	R9	No planificar y realizar pruebas en diferentes navegadores	Prueba no funcional	Menor (Me)	Tolerable aplicar control si es rentable	Sprint3	4,7051
2	R1	Falta de historias de usuarios, para satisfacer las necesidades del usuario final, en la priorización del <i>sprint planing</i>	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable	Sprint1	5
3	R5	Los nombres de los campos son genéricos dificultando el análisis de la información	Diseño	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable	Sprint2	5,2586
4	R2	Desconocimiento en las herramientas React, Middleware: Net Core web Api C#	Viabilidad Técnica. TIC	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable	Sprint1	5,8131
5	R10	La aplicación no funciona con varios usuarios	Prueba no funcional	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable	Sprint3	6,4997
6	R3	Falta de funcionalidad en las historias de usuarios	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable	Sprint1	6,6296
7	R6	El reporte de información se vuelve tedioso de estructurar porque no hay normalización y rompe la ruta de encadenamiento de la información	Arquitectura	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable	Sprint2	6,7457

8	R11	Falta de planificación del set de prueba	Prueba Funcional	Mayor (Ma)	Reducir o aplicar excepción	Sprint3	6,932
9	R4	Utilizar tecnologías no escalables	Viabilidad Técnica. Ingeniería de Requisitos	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable	Sprint1	7,3728
10	R7	Almacenamiento de información no estructurada	Arquitectura	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable	Sprint2	7,6613
11	R8	Falta de documento de arquitectura y diseño	Diseño	Mayor (Ma)	Reducir si es razonable	Sprint2	7,7653
12	R12	Fuga de información	Prueba Funcional	Crítico(C)	Reducir o aplicar excepción	Sprint3	8,8004
<b>Exposición del riesgo de proyecto:</b>							<b>79,184</b>

Al ordenar los riesgos a nivel de proyecto, el riesgo más inofensivo que resultó después del tratamiento fue el riesgo de no planificar y realizar pruebas en diferentes navegadores, con un nivel 4,7051 y un término lingüístico de categoría Menor (Me); el riesgo de mayor gravedad fue fuga de información, con un nivel 8,8004 y un término lingüístico de Crítico (C), seguido del riesgo de falta de documento de arquitectura y diseño; luego le sigue el riesgo de almacenamiento de información no estructurada, así como también el riesgo de utilizar tecnologías no escalables, seguido del riesgo de falta de planificación del set de prueba; y encontramos otro riesgo complejo que es el origen de toda la problemática y que desencadenó la complejidad del proyecto, seguido de la escala de que el reporte de información se vuelve tedioso de estructurar porque no hay normalización y rompe la ruta de encadenamiento de la información (Ilustración).

#### Gráficos a nivel de proyecto

#### Exposición del riesgo a nivel de proyecto:

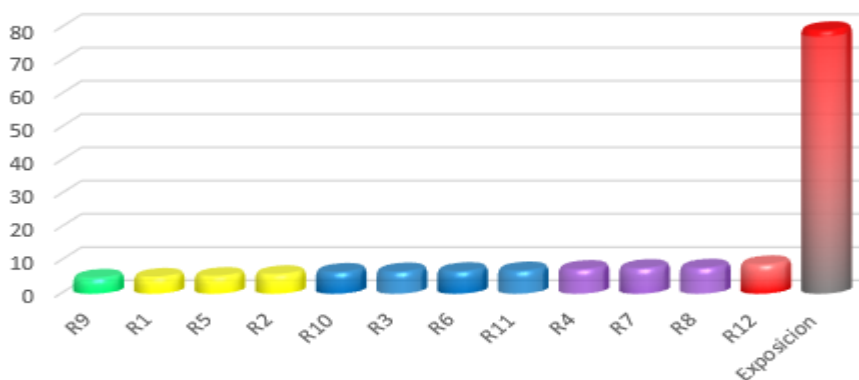


Ilustración 80. Riesgos a nivel de proyectos: análisis grupal de todos los riesgos.

**La exposición del riesgo a nivel de sprint:**

A nivel de sprint todos los riesgos se fueron quemando y desapareciendo en cada sprint, y se quemaban en una dinámica de cuatro riesgos por sprint (Tabla 9,

Tabla y

Tabla).

Tabla 94. Exposición del sprint n1: análisis del riesgo a nivel del sprint n1

<b>Código Nombre</b>	<b>Sprint</b>	<b>Nivel</b>
R1	Sprint1	5
R2	Sprint1	5,8131
R3	Sprint1	6,6296
R4	Sprint1	7,3728
<b>Exposición a nivel Sprint</b>		<b>24,8155</b>

Tabla 95. Exposición del sprint n2: análisis del riesgo a nivel de el sprint n2

<b>Código Nombre</b>	<b>Sprint</b>	<b>Nivel</b>
R5	Sprint2	5,2586
R6	Sprint2	6,7457
R7	Sprint2	7,6613
R8	Sprint2	7,7653
<b>Exposición a nivel Sprint</b>		<b>27,4309</b>

Tabla 96. Exposición del sprint n3: análisis del riesgo a nivel de el sprint n3.

<b>Código Nombre</b>	<b>Sprint</b>	<b>Nivel</b>
R9	Sprint3	4,7051
R10	Sprint3	6,4997
R11	Sprint3	6,932
R12	Sprint3	8,8004
<b>Exposición a nivel Sprint</b>		<b>26,9372</b>

La carga más pesada a nivel de Sprint fue con el Sprint N2, lo cual tiene razón de ser porque los riesgos de mayor complejidad aparecen en este sprint; y la más liviana fue con el Sprint N1, pero el riesgo más crítico aparece en el Sprint N3 (Ilustración, Ilustración e Ilustración ).

### Gráficos a nivel de Sprint

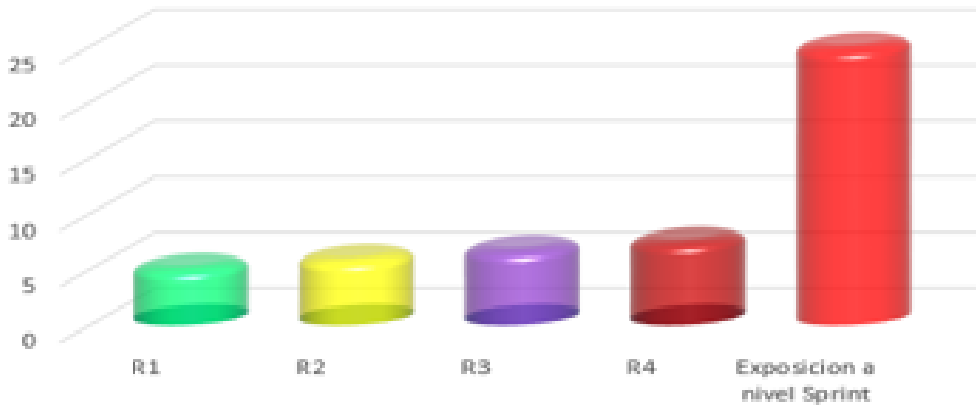


Ilustración 81. Exposición del sprint n1: análisis del riesgo a nivel de el sprint n1.

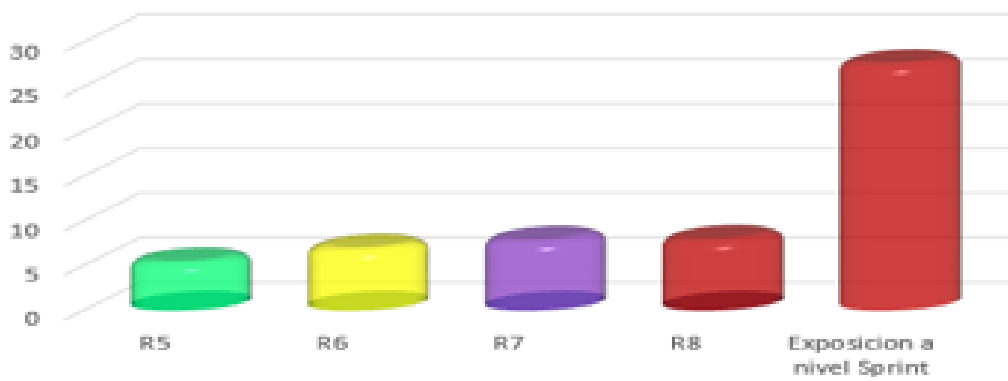


Ilustración 82. Exposición del sprint n2: análisis del riesgo a nivel de el sprint n2.

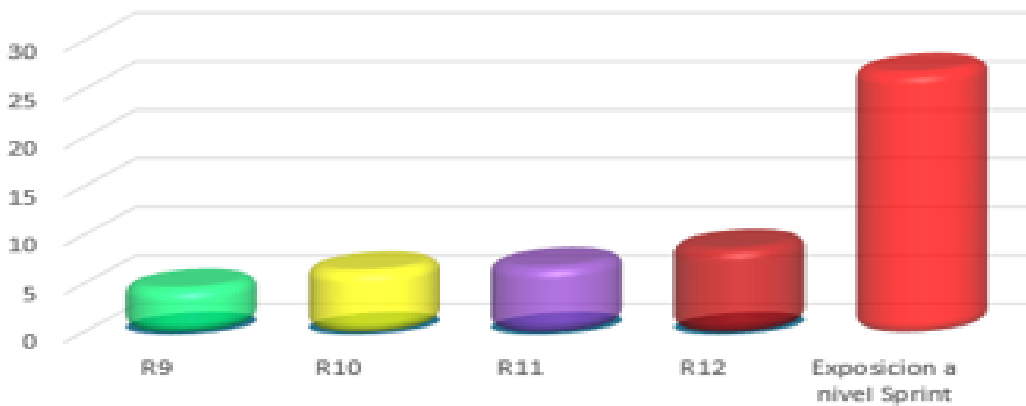


Ilustración 82. Exposición del sprint n3: análisis del riesgo a nivel de el sprint n3.

## **CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.**

La presente investigación permite dejar numerosas enseñanzas y aprendizajes. Con respecto a la encuesta de funcionalidad de la estrategia aplicada, y que compete a la base y la filosofía de esta investigación, se puede concluir que las metodologías ágiles gestionan riesgos en sí mismas; otros le llaman gestión de riesgo implícita, dado que hay reuniones todos los días y se evacúan los impedimentos y problemas, o bien, por la forma como se gestiona un proyecto; pero, en opinión del autor del presente trabajo, se puede afirmar que las metodologías ágiles no gestionan riesgos, ni implícitos ni explícitos, realmente.

Para decir que un proyecto de metodología ágil gestiona riesgos es porque, como mínimo, lleva un listado de riesgos, y si no lleva ese listado entonces lo que se está gestionando son impedimentos o problemas; en consecuencia, se podría plantear la hipótesis de que las metodologías ágiles "evitan el fracaso de un proyecto porque este depende de su tamaño y forma, por eso se gestionan riesgos". No obstante, dicha hipótesis permite cuestionar hasta qué punto se puede hablar de manera indistinta de fracaso y de riesgos, o decir que fracaso es lo mismo que incertidumbre.

Cuando se gestionan impedimentos o problemas se pierde la dinámica de gestionar el riesgo. Por ejemplo, si se hace un laboratorio de tomar un sprint y se ejecuta dos veces en serie, el primero sin tratamiento de riesgos y el segundo con tratamiento de riesgos, se ha dañado la validación porque se pierde la dinámica de gestionar riesgos, pues cuando se gestionan riesgos lo que se combate es la incertidumbre, y, al iniciar el primer sprint, esos riesgos en su mayoría se vuelven problemas o impedimentos, que es lo mismo que hacen las metodologías ágiles cuando se reúnen todos los días.

Entonces, para hacer el paralelo y no perder la dinámica de gestionar la incertidumbre se requiere tener como mínimo dos equipos e iniciar el sprint al mismo tiempo en paralelo, entonces, de esta manera, sí se estaría aplicando la dinámica de gestionar riesgos o incertidumbre; o si se va a hacer en serie es necesario como mínimo un jurado, o bien, utilizar medios para grabar videos y dejar evidencias para demostrar la dinámica de gestionar riesgos o incertidumbre. En resumen, las metodologías ágiles son gestoras de impedimentos o problemas, más nunca de riesgos o incertidumbre, a menos que un proyecto ágil lleve una tablilla de riesgos.

Así pues, al darse respuesta a la pregunta de la encuesta donde el 62.5% conceptuó que las metodologías ágiles gestionan riesgos en sí mismas (cosa que es totalmente falsa, aunque sea lo que generalmente se dice), los que dijeron no, que fue el 37.5%, están en lo correcto. La respuesta debida para los que defienden el argumento, es decir, que no se necesita gestionar riesgos con las metodologías ágiles porque todo el tiempo se están gestionando impedimentos o problemas, es que precisamente eso es lo que evita la gestión del riesgo: que no se llegue al problema o al impedimento.



Y, finalmente, para aportar a la discusión y conclusión, es importante citar al autor que expresa lo siguiente:

*Un riesgo tiene tres componentes esenciales: incertidumbre, pérdida y duración finita. Siempre hay incertidumbre sobre si se producirá un riesgo. Si un elemento es seguro que ocurra, en cambio, lo llamamos un problema. Los problemas son tan importantes como los riesgos, pero se gestionan de manera diferente. Debido a que un riesgo es posible que no ocurra, hay un medio poderoso para administrarlo: evitando que ocurra. El riesgo siempre implica pérdida: pérdida de tiempo, pérdida de dinero, pérdida de cuota de mercado o alguna otra pérdida que el proyecto sufrirá si se produce el riesgo. La combinación de la probabilidad de que ocurra el riesgo y la pérdida posterior implicada determinan la gravedad del riesgo. (Risk Management in Agile Model Monika Singh, Ruhi Saxena Faculty of Engineering (FET), Mody University of Science and Technology Rajasthan, India).*

En la gestión de riesgo con lógica difusa, por lo general las propuestas que se encuentran no se orientan a la gestión de los dos tipos de riesgo al mismo tiempo, es decir, al análisis cualitativo y luego al cuantitativo, pues generalmente siempre se centran en un solo tipo de análisis. A partir de un tipo de análisis se realiza la administración de riesgos.

En este trabajo de investigación se han diseñado dos motores, uno para el análisis cualitativo y otro para el análisis cuantitativo, pero se deduce que no es necesario trabajar los dos al mismo tiempo, a pesar de que con uno solo se solucione el problema. A partir del ejercicio de revisión se identificó que todas las prácticas comunes se centran primero en priorizar los riesgos y luego en aplicar la cuantificación de los riesgos. En general, todos siguen solo una de las dos estrategias, cualitativa o cuantitativa.

Así mismo, se diseñó un motor de inferencia de datos para el análisis cualitativo y para obtener la priorización del riesgo con el soporte del diseño de una base de conocimiento. Para el análisis cuantitativo se diseñó un motor de inferencia de datos para obtener el nivel o magnitud del riesgo. Se validó la estrategia diseñada por medio de la implementación de una aplicación web con ejemplos prácticos, utilizando como apoyo la herramienta de Matlab, las librerías de Python, Numpy, Matplotlib para la graficación y validar valores, el diseño y creación de unas librerías con los algoritmos de las funciones de membrecías y los métodos de defusificación para procesar la información y obtener los resultados deseados. Se evidenció que la herramienta tiene funcionalidad.

### **El impacto de los resultados:**

En términos generales, el presente trabajo presenta una solución novedosa que se puede convertir en una innovación en el campo del desarrollo, con base en metodologías ágiles, ya que aborda una de las grandes problemáticas en los fracasos de un proyecto, como es la gestión de riesgos.

El impacto en cuanto a los resultados obtenidos mediante este trabajo es bastante sorprendente porque arroja unos buenos resultados en el caso de estudio: la aplicación de la técnica propuesta en un proyecto que, si no se hubieran tenido en cuenta cada uno de los riesgos que se abordaron en las pruebas, dicho proyecto hubiera sido un fracaso debido a su complejidad. Los interesados del proyecto quedaron satisfechos con la ejecución de las pruebas y los buenos resultados alcanzados al poner en práctica esta técnica extraordinaria.

### **Trabajos futuros:**

Se lograron buenos resultados con la implementación de la estrategia, donde el análisis cualitativo y el análisis cuantitativo se hacen a través de lógica difusa.

Para futuros trabajos sería interesante combinar la técnica de lógica difusa con la técnica de *planning póker*, más exactamente implementar el análisis cualitativo con la técnica de *planning póker*, permitiendo así voltear un poco en el diseño del análisis cualitativo. También sería interesante aplicar la técnica de *machine*, es decir, utilizar está a cambio de la técnica de lógica difusa.

Creación de protocolo para extrapolar la metodología a otros proyectos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Gerke, K., & Tamm (2009). "Continuous Quality Improvement of IT Processes based on Reference Models and Process Mining," *Am. Conf. Inf. Syst.*, p. págs. 1-8.
- [2] E. Oud (2005). "The Value to IT of Using International Standards," *Inf. Syst. Control J.*, vol. 3.
- [3] H. Jeners, S., & Lichter (2013). "Smart Integration of Process Improvement Reference Models Based on an Automated Comparison Approach," *Eur. Conf. EuroSPI 2013*, p. págs. 143-154 .
- [4] J. Siviyy, J., Kirwan, P., Marino, L., & Morley. (2008). "View, The Value of Harmonization Multiple Improvement Technologies: A Process Improvement Professional's," *SEI, Carnegie Mellon*.
- [5] C. Montenegro (2017). "Enfoque Ágil de Armonización de Modelos para la Mejora de Procesos de Agile Approach for Model Harmonization to IT Process," no. 1, pp. 17-37.
- [6] inc. P. Project Management Institute (2012). "A Guide to the Project Management Body of Knowledge," vol. 5th Ed.
- [7] M. Cohn (). "Managing Risk on Agile Projects with the Risk Burndown Chart."
- [8] R. Bertone, P. Thomas, D. Taquias, and S. Pardo (). "Herramienta para la Gestión de Riesgos en Proyectos de Software," pp. 567-576.
- [9] M. L. M. P. Sector (1999). "Risk Management," *Mot. LMPS*,
- [10] M. Singh and R. Saxena(2013). "Risk Management in Agile," *IOSR J. Comput. Eng.*, vol. 16, no. 5, pp. 43-46.
- [11] B. W. Boehm (1991). "Software risk management: principles and practices," *Software, IEEE*, vol. 8.1, pp. 32-41
- [12] S. A. Abdullah, A, M. (2011). "Software Risk Management: Importance and Practices," *Dep. Comput. Sci. Eng. Univ. Asia Pacific, Dhanmondi, Dhaka-1209, Bangladesh*.
- [13] L. Siddique and B. A. Hussein. (2016). "Managing risks in Norwegian Agile Software Projects : Project Managers ´ perspective," no. 2, pp. 56-65.
- [14] A. Albadarneh, I. Albadarneh, and A. Qusef (2015). "Risk management in Agile software development: A comparative study," *2015 IEEE Jordan Conf. Appl. Electr. Eng. Comput. Technol.*, pp. 1-6.

- [15] S. Thomas (2008). "Agile Risk Management".
- [16] P. Hudson. (2008). "<https://www.infoq.com/news/2008/07/managing-risk-with-scrum>," *Manag. Risk with Scrum*.
- [17] B. G. Tavares, C. E. S. da Silva, and A. D. de Souza. (2017). "Risk management analysis in Scrum software projects," *Int. Trans. Oper. Res.*, vol. 00, pp. 1–22.
- [18] J. Nyfjord and M. Kajko-Mattsson. (2007). "Commonalities in risk management and agile process models," *2nd Int. Conf. Softw. Eng. Adv. - ICSEA 2007*, no. 1.
- [19] C. R. Nelson, G. Taran, and L. Lascurain Hinojosa. (2008). "Explicit Risk Management in Agile Processes," *Agil. Process. Softw. Eng. Extrem. Program.*, vol. 9, pp. 190–201.
- [20] A. Moran (2014). "Agile Risk Management," *Springer, Heidelb.*, pp. 33–60.
- [21] M. Paulk. (2002). "Agile Methodologies and Process Discipline," *Crosstalk*.
- [22] L. Siddique and B. A. Hussein.( 2014).
- [23] S. M. (2007). "Relating PMBoK Practices to Agile Practices".
- [24] S. K. Khatri, K. Bahri, and P. Johri. (2015). "Best practices for managing risk in adaptive agile process," *Proc. - 2014 3rd Int. Conf. Reliab. Infocom Technol. Optim. Trends Futur. Dir. ICRITO 2014*.
- [25] A. S. Kaushal Pathak. (2013). "Review of Agile Software Development Methodologies," *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Softw. Eng.*, vol. Volume 3, no. Issue 2, pp. 270–276.
- [26] M. Paulk (2002). "Agile Methodologies and Process Discipline," *Crosstalk*, vol. 2002.
- [27] M. Tomanek and J. Juricek. (2015). "Project Risk Management Model Based on PRINCE2 and Scrum Frameworks," *Int. J. Softw. Eng. Appl.*, vol. 6, no. 1, pp. 81–88.
- [28] B. Tavares, C. Silva, and A. Souza. (2017). "Risk Management Analysis in Software Projects which Use the Scrum Framework," *Int. Trans. Oper. Res.*, no. March, 2017.
- [29] B. Kosko.( 1995). "Pensamiento borroso: La nueva ciencia de la lógica borrosa. Barcelona: Crítica [Fuzzy thinking. The new science of fuzzy logic.," *USA / Canada Hyperion*, 1995.
- [30] S. Medina and G. Paniagua. (2008). "Crédito Fuzzy Inference Systems To Creditworthiness Analysis," *Dyna*, vol. 75, no. 154, pp. 215–229.
- [31] E. Talal Alharbi and M. R. Jameel Qureshi. (2014). "Implementation of Risk Management with SCRUM to Achieve CMMI Requirements," *Int. J. Comput. Netw. Inf. Secur.*, vol. 6, no. 11, pp. 20–25.
- [32] V. Y. (2012). "A Model for risk management in agile software development," *tampere Univ. Technol.*

- [33] W. E. Deming. (). "Out of the crisis, Massachusetts Institute of Technology," *En Cent. Adv. Eng. study, Cambridge, MA 510*.
- [34] P. B. Crosby. (1980). "Quality is free: The art of making quality certain," *Signet*.
- [35] J. M. J. y col. Juran. (). "on planning for quality," *Free Press New York, 988*.
- [36] G. B. Laporte C. Y. (2017). Muñoz M., "The education of students about ISO/IEC 29110 software engineering standards and their implementations in very small entities," *IEEE Canada Int. Humanit. Technol. Conf.*, pp. 94–98.
- [37] M. R. at el CORDOBA Bayas. (2012). "Estandar IEEE-12207," *Fac. Ing. Sist. Esc. Politec. Nac. Quito Ecuador*.
- [38] M. Callejas-Cuervo, A. C. Alarcón-Aldana, A. M. Álvarez. (2017). "Software quality models, a state of the art," *Entramado*, vol. 13, no. 1, pp. 236–250.
- [39] M. M. et al PETRIE. (2009). "Modelo de Registro y Acreditación de Instituciones de Educación Superior basado en el Modelo CMMI," *Seventh LACCEI Lat. Am. Caribb. Conf. Eng. Technol.*
- [40] Arroyave María E. (2015) "Análisis crítico sobre la dirección de proyectos bajo los estándares PMI , PRINCE2 e Iso 21500. Critical analysis of project management under the PMI , Prince2 and ISO 21500 standards Análise e crítica da gestão de projectos de acordo com as normas PMI , P," *Rev. Gestión y Desarro.*, vol. 1, no. 2014, pp. 101–111.
- [41] G. J. Rodríguez P, Mikkonen K, Kuvaja P, Oivo M. (2013). "No Title," *a telecom Softw. Dev. Organ. strengths challenges. Proc. 2013 Int. Conf. Softw. Syst. Process (ICSSP 2013)*. ACM, New York, NY, USA, pp. 98–107.
- [42] P. Marecos. (2017). "Revisión sistemática sobre metodologías ágiles en empresas de software," *ReCientE*, vol. 1, no. 1, pp. 54–72.
- [43] K.-M. M. Nikitina N. (2011). "Developer-driven big-bang process transition from Scrum to Kanban," *Proc. 2011 Int. Conf. Softw. Syst. Process (ICSSP '11)*. ACM, New York, NY, USA, pp. 159–168.
- [44] P. M. Canós JH, Letelier P. (2012). "Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software," *DSIC -Universidad Politécnica Val. Camino Vera s/n, 46022 Val.*
- [45] C. Jang, J., Mizutani, E. y Sun. (1997). "No Title. Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence. New York: Prentice Hall.," *New York Prentice Hall*.
- [46] A. Kulkarni. (2001). "Computer vision and fuzzyneural systems," *New York Prentice Hall*.
- [47] N. Kasabov (1998). "Foundations of neural networks, fuzzy systems and knowledge engineering," *Cambridge MIT Press*.

- [48] H. Andrat and S. Jaswal. (2015). "An alternative approach for risk assessment in Scrum," *Int. Conf. Comput. Netw. Commun.*, pp. 535–539.
- [49] B. G. Tavares, C. E. S. da Silva, and A. D. de Souza. (2017). "Risk management analysis in Scrum software projects," *Int. Trans. Oper. Res.*, no. March.
- [50] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram. (2004). "Design Science in Information Systems Research," *MIS Q.*, vol. 28, no. 1, pp. 75–105.
- [51] Alexander Menzinsky, Gertrudis López y Juan Palacio. (2018) "Historias de Usuario - Ingeniería de requisitos ágil v. 2.0".
- [52] Carlos González Morcillo. (2011). "Lógica difusa una introducción práctica".
- [53] Dr. Juan José Jaramillo Gutiérrez. (2017). "Desarrollo de un Sistema Experto Basado en Lógica Fuzzy para la Dosificación de Sevoflorane".
- [54] Samuel Diciembre Sanahuja. (2017). "Sistemas de Control con Lógica Difusa: Métodos de Mamdani y de Takagi-Sugeno-Kang (TSK)".
- [55] Anny Pauline Masmela Fuentes. (2015). "Desarrollo de una herramienta basada en lógica difusa que soporta la planificación de la gestión de riesgos para proyectos de construcción, sometida a las pautas de dirección de proyectos PMI".
- [56] A.A.Angarita, C.A.Tabares y J.I.Rios.( 2015). "Definición de un modelo de medición de análisis de riesgos de la seguridad de la información aplicando lógica difusa y sistemas basados en el conocimiento".
- [57] Bach. en Ing. VELASQUEZ RUIZ JOSE MARTIN. (2016). "Software de aplicación web basado en lógica difusa, para mejorar la evaluación de riesgos en tecnologías de información, en la oficina de tecnologías de información y comunicaciones de la Universidad Nacional del Santa".
- [58] Antonio Rodríguez-Suárez. (2009). "Utilización de la lógica difusa en la estimación del riesgo en proyectos".
- [59] Javier Gallardo Forés; José Luis Fuentes BARGUES; M<sup>a</sup>. (2017). "Apreciación de Riesgos en la licitación de proyectos de diseño y construcción".
- [60] Olga Mijangos, Francisco Valdés y Marco Linares. (2015). "Evaluación análisis riesgo cualitativo crédito empresarial, mediante lógica difusa".
- [61] Renier Esquivel García, Gerardo Félix Benjamín, Rafael Bello Pérez. (2014). "Evaluación del impacto de la capacitación con lógica difusa".
- [62] C. A. Parra-Calderón, J. C. Osorio-Gómez, J.C. Escandón-López.( 2019). "Metodología multicriterio para la selección de proveedores bajo consideraciones de riesgo".

- [63] Alejandro Cruz Martínez, I Adelfa D. Alarcón Armenteros II. (2017). "La lógica difusa en la modelización del riesgo operacional. Una solución desde la inteligencia artificial en la banca cubana".
- [64] Yasser Azan Basallo, Natalia Martínez. (2017). "La lógica difusa para la evaluación del riesgo de seguridad informática a bases de datos".
- [65] Yasser Azán-Basallo<sup>1</sup>, Natalia Martínez Sánchez<sup>2</sup>, Vivian Estrada Senti<sup>3</sup>. (2017). "El riesgo de seguridad de la información en gestores de bases de datos basado en números difusos trapezoidales".
- [66] Christian Adrian Farfan Minchala Diego Mauricio Marin Zuñiga. (2017). "Evaluación de índice de consecuencia de la falla final de un transformador de potencia usando lógica difusa basada en criterio experto".
- [67] Frank Hernández García<sup>1</sup>, José Ignacio Robaina Castillo<sup>2</sup>. (2017). "Guía para la utilización de la metodología Delphi en las etapas de comprobación de productos terminados tipo software educativo".
- [68] Antonio García Bermúdez. (2019). Análisis cualitativo de riesgos del proyecto utilizando técnicas fuzzy.
- [69] Sebastián Camilo Babativa Velásquez<sup>1</sup>, Andrés Mauricio Mora Catillo<sup>2</sup>, Álvaro Hernando Talero Niño<sup>3</sup>, Oscar Rodrigo Valencia Ardila<sup>3</sup>. (2017). Identificación y análisis de riesgos con metodología ágil Scrum, en la dirección de proyectos de pruebas de software en Bogotá, aplicado a la empresa Greensqa.
- [70] V. Johanna. (2015). Propuesta de gestión de riesgos de proyectos software, desarrollados con la metodología Scrum.
- [71] Eman Talal Alharbi<sup>1</sup>, Rizwan Jameel Qureshi<sup>2</sup>. (2014). *Implementation of Risk Management with SCRUM to Achieve CMMI Requirements*.
- [72] Hycinta A1, Shree J2. (2015). *Alternative Approach for Risk Assessment in Scrum*.
- [73] Monika Singh<sup>1</sup>, Ruhi Saxena<sup>2</sup>. (2014). *Risk Management in Agile Model*.
- [74] Sunil Kumar Khatri<sup>1</sup>, Khushboo Bahri<sup>2</sup>, Prashant Johri<sup>3</sup>. (2015). *Best Practices for Managing Risk in Adaptive Agile*.
- [75] Martin Tomanek<sup>1</sup> and Jan Juricek<sup>2</sup>. (2015). *Project risk management model based on prince2 and Scrum Frameworks*.
- [76] Edzreena Edza Odzaly<sup>1</sup>, Des Greer<sup>2</sup> & Darryl Stewart<sup>3</sup>. (2017). *Agile risk anagement using software agents*.
- [77] Edzreena Edza Odzaly<sup>1</sup>, Des Greer<sup>2</sup>, Darryl Stewart<sup>3</sup>. (2014). *Lightweight Risk Management in Agile Projects*.
- [78] Edzreena Edza Odzaly<sup>1</sup>, Des Greer<sup>2</sup>, Darryl Stewart<sup>3</sup>. (2017). *Lightweight Risk*

*Management: The Development of Agile Risk Tool Agents.*