Sistema experto probabilístico neutrosófico para selección de estrategias en la gestión del riesgo en la cadena de suministro

Rafael Hernán Rojas Gualdrón

Trabajo de investigación para optar por el título de Magíster en Ingeniería Industrial

Director:

Carlos Eduardo Díaz Bohórquez, MSc. en Ingeniería Industrial

Codirector:

Florentin Smarandache, PhD. en Matemáticas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Maestría en Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2020

Tabla de contenido

Introducción 14

1. Revisión de literatura 17

1.1. Introducción 17

1.2. Gestión del riesgo en la cadena de suministro 19

1.2.1. Gestión de la cadena de suministro 19

1.2.2. Gestión del riesgo 20

1.2.3. Definición de gestión de riesgo en la cadena de suministro (SCRM) 21

1.3. Clasificación del riesgo 22

1.3.1. Cuantificación de los riesgos. 22

1.4. Cuantificación de la incertidumbre 23

1.4.1. Incertidumbre aleatoria y epistémica 24

1.4.2. Usos comunes de la cuantificación de la incertidumbre. 25

1.5. La teoría neutrosófica 26

1.5.1. Antecedentes 27

1.5.2. Aplicaciones 28

1.6. Conclusiones 29

2. Planteamiento y justificación 29

3. Hipótesis 31

4. Objetivos 32

4.1 Objetivo general 32

4.2 Objetivos Específicos 32

5. Marco teórico 33

5.1. El modelo SCOR 33

5.2. Técnica AHP-TOPSIS neutrosófica 34

5.3. Sistemas Expertos Probabilísticos 36

6. Metodología 37

6.1. Selección de los riesgos que pueden afectar la cadena de suministro 38

6.2. Selección de estrategias para la gestión de riesgo en la cadena de suministro 39

6.3. Selección de las métricas de desempeño de la cadena de suministro 40

6.4. Selección de los expertos 42

6.5. Estimación de pesos por medio de la técnica AHP neutrosófica 42

6.6. Estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo 73

6.7. TOPSIS neutrosófico para estimación del impacto esperado de los riesgos 76

6.8. TOPSIS neutrosófico para selección de estrategias de SCRM 92

6.9. Programación del Sistema Experto Probabilístico Neutrosófico 103

7. Simulación y resultados 103

7.1. Primer escenario 105

7.2. Segundo escenario 106

7.3. Tercer escenario 107

7.4. Cuarto escenario 108

7.5. Quinto escenario 109

8. Conclusiones 110

Referencias bibliográficas 111

Tabla de figuras

Figura 1. Descripción Conceptual de SCRM..... 19

Figura 2. Matriz de riesgo e impacto. 21

Figura 3. Representación gráfica de las funciones de pertenencia. 27

Figura 9. Resultados obtenidos de la comparación por pares para los atributos. 43

Figura 10. Matriz de decisión normalizada y peso de cada atributo para el experto 1..... 45

Figura 11. Matriz de decisión normalizada y peso de cada atributo para el experto 2..... 45

Figura 12. Matriz de decisión normalizada y peso de cada atributo para el experto 3..... 46

Figura 13. Valores de λmax.para cada experto para la matriz de decisión atributos..... 46

Figura 14. Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión atributos de cada experto. 47

Figura 15. Peso promedio para cada atributo. 47

Figura 16. Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de confiabilidad. 48

Figura 17. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de confiabilidad para el experto 1..... 49

Figura 18. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de confiabilidad para el experto 2..... 49

Figura 19. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de confiabilidad para el experto 3..... 49

Figura 20. Valores de λmax.para cada matriz de decisión métricas de confiabilidad..... 50

Figura 21. Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión métricas de confiabilidad. 50

Figura 22. Peso promedio para cada una de las métricas de confiabilidad. 50

Figura 23. Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de respuesta. . 51

Figura 24. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de respuesta para el experto 1. 52

Figura 25. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de respuesta para el experto 2. 52

Figura 26. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de respuesta para el experto 3. 53

Figura 27. Valores de λmax.para cada matriz de decisión métricas de respuesta. 53

Figura 28. Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de respuesta. 53

Figura 29. Peso promedio para cada métrica de respuesta. 54

Figura 30. Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de agilidad 1. 54

Figura 31. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 1 para el experto 1. 56

Figura 32. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 1 para el experto 2. 56

Figura 33. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 1 para el experto 3. 56

Figura 34. Valores de λmax.para cada matriz de decisión métricas de agilidad 1. 57

Figura 35. Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de agilidad 1. 57

Figura 36. Peso promedio para cada métrica de agilidad 1. 57

Figura 37. Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de agilidad 2. 58

Figura 38. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 2 para el experto 1. 59

Figura 39. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 2 para el experto 2. 59

Figura 40. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 2 para el experto 3. 59

Figura 41. Valores de λmax.para cada matriz de decisión métricas de agilidad 2. 59

Figura 42. Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de agilidad 2. 60

Figura 43. Peso promedio para cada métrica de agilidad 2. 60

Figura 44. Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de costos 1. ... 61

Figura 45. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 1 para el experto 1. .. 62

Figura 46. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 1 para el experto 2. .. 62

Figura 47. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 1 para el experto 3. .. 63

Figura 48. Valores de λmax.para cada matriz de decisión métricas de costos 1. 63

Figura 49. Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de costos 1.. 63

Figura 50. Peso promedio para cada métrica de costos 1. 64

Figura 51. Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de costos 2. ... 64

Figura 52. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 2 para el experto 1. .. 65

Figura 53. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 2 para el experto 2. .. 65

Figura 54. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 2 para el experto 3. .. 66

Figura 55. Valores de λmax.para cada matriz de decisión métricas de costos 2. 66

Figura 56. Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de costos 2.. 66

Figura 57. Peso promedio para cada métrica de costos 2. 67

Figura 58. Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de activos 1... 67

Figura 59. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 1 para el experto 1.. 68

Figura 60. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 1 para el experto 2.. 68

Figura 61. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 1 para el experto 3.. 68

Figura 62. Valores de λmax.para cada matriz de decisión métricas de activos 1..... 69

Figura 63. Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de activos 1. 69

Figura 64. Peso promedio para cada métrica de activos 1. 69

Figura 65. 70

Figura 66. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 2 para el experto 1.. 71

Figura 67. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 2 para el experto 2.. 71

Figura 68. Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 2 para el experto 3.. 72

Figura 69. Valores de λmax.para cada matriz de decisión métricas de activos 2. 72

Figura 70. Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de activos 2. 72

Figura 71. Peso promedio para cada métrica de activos 2. 73

Figura 72. Triángulo neutrosófico de incertidumbre. 74

Figura 73. Valores neutrosóficos normalizados de la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo. 75

Figura 74. Media neutrosófica y valores nítidos de la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo. 76

Figura 75. Escala neutrosófica triangular para variables lingüísticas. 77

Figura 76. Respuestas del experto 1 sobre el impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño. 78

Figura 77. Respuestas del experto 2 sobre el impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño. 79

Figura 78. Respuestas del experto 3 sobre el impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño. 80

Figura 79. Media neutrosófica del impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño 81

Figura 80. Matriz de decisión para impacto de los riesgos desneutrosoficada. 88

Figura 81. Matriz de decisión para impacto de los riesgos desneutrosoficada normalizada. 89

Figura 82. Matriz de decisión para impacto de los riesgos pesada con los valores de V^+ y V^-.. 91

Figura 83. Valor estimado de impacto esperado de cada riesgo en la cadena de suministro. 92

Figura 84. Respuestas del experto 1 sobre la efectividad de las estrategias de gestión en cada uno de los riesgos. 93

Figura 85. Respuestas del experto 2 sobre la efectividad de las estrategias de gestión en cada uno de los riesgos. 94

Figura 86. Respuestas del experto 3 sobre la efectividad de las estrategias de gestión en cada uno de los riesgos. 95

Figura 87. Media neutrosófica de la eficiencia de una estrategia en cada uno de los riesgos. ... 96

Figura 88. Estimación del peso de cada riesgo. 99

Figura 89. Matriz de decisión normalizada de eficiencia de las estrategias. 100

Figura 90. Matriz de decisión pesada para la selección de estrategias con los valores de $Vj+$ y $Vj-$ 101

Figura 91. Performance score (PS) para cada estrategia. 102

Figura 92. Resultados del algoritmo para la probabilidad estimada de los expertos. 104

Figura 93. Resultados del algoritmo para una probabilidad de ocurrencia del riesgo 3 del 100%. 105

Figura 94. Resultados del algoritmo para una probabilidad de ocurrencia del riesgo 2 del 100%. 106

Figura 95. Resultados del algoritmo para una probabilidad de ocurrencia del riesgo 6 del 100%. 107

Figura 96. Resultados del algoritmo para una probabilidad de ocurrencia del riesgo 5 del 100%. 108

Figura 97. Resultados del algoritmo para una probabilidad de ocurrencia del riesgo 1 del 100%. 109

Lista de tablas

Tabla 1. Atributos de desempeño sugeridos por el modelo SCOR..... 34

Tabla 2. La escala neutrosófica triangular utilizada en el AHP neutrosófico..... 35

Tabla 3. Riesgos en la gestión de la cadena de suministro. 38

Tabla 4. Estrategias de para la gestión de riesgos en la cadena de suministro. 39

Tabla 5. Métricas de desempeño nivel 1 y 2 propuestas por el modelo SCOR. 41

RESUMEN

TÍTULO[*]**:** SISTEMA EXPERTO PROBABILÍSTICO NEUTROSÓFICO PARA SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS EN LA GESTIÓN DEL RIESGO EN LA CADENA DE SUMINISTRO

AUTOR: RAFAEL HERNÁN ROJAS GUALDRÓN[**]

PALABRAS CLAVE: GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO, GESTIÓN DEL RIESGO, EVALUACIÓN DEL RIESGO, CUANTIFICACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE, TEORÍA NEUTROSÓFICA

DESCRIPCIÓN:

Debido a la creciente complejidad e interrelación de las cadenas de suministro modernas, la probabilidad de ocurrencia e impacto esperado de un riesgo se han vuelto difíciles o incluso imposibles de predecir, llevando a los investigadores a buscar minimizar el impacto que genera la incertidumbre en la gestión del riesgo en la cadena de suministro, la cual debido a su complejidad aún no presenta una solución absoluta y se encuentra abierta a nuevos aportes. El presente artículo se propone realizar una revisión de literatura con el objetivo de evaluar la aplicación de la teoría neutrosófica en el tratamiento de la incertidumbre enfocada en la gestión del riesgo en la cadena de suministro valiéndose para esto de una conceptualización sobre el riesgo, la incertidumbre, la cadena de suministro y la teoría neutrosófica, y buscando establecer una relación entre ellas al ilustrar como la incertidumbre del mundo real hace que los riesgos a los que se ve expuesta una cadena de suministro no puedan ser cuantificados por medio de la matemática convencional, pero si en el dominio de la neutrosofía. Se presentan además algunos artículos con aplicaciones exitosas en la toma de decisiones bajo algún grado de incertidumbre para finalmente llegar a uno en el cual convergen estos conceptos, llegando a la conclusión de que por medio de esta nueva teoría es posible cuantificar los riesgos en función de la opinión cualitativa de expertos para ser incluida en modelos cuantitativos de optimización en la gestión de riesgos de la cadena de suministro.

---

[*] Tesis de maestría

[**] Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: M.Sc. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez, Codirector: PhD. Florentin Smarandache

ABSTRACT

TITLE*: NEUTROSOPHIC PROBABILISTIC EXPERT SYSTEM FOR DECISION-MAKING SUPPORT IN SUPPLY CHAIN RISK MANAGEMENT

AUTHOR: RAFAEL HERNÁN ROJAS GUALDRÓN**

KEYWORDS: SUPPLY CHAIN MANAGEMENT, RISK MANAGEMENT, RISK ASSESSMENT, UNCERTAINTY QUANTIFICATION, NEUTROSOPHIC THEORIES.

DESCRIPTION:

Due to the increasing complexity and interrelation of modern supply chains, the probability of occurrence and expected impact of a risk has become difficult or even impossible to predict, leading researchers to seek to minimize the impact generated by uncertainty in supply chain risk management, which due to its complexity does not yet present an absolute solution and is open to new contributions. This article proposes to review the literature with the objective of evaluating the application of the neutrosophical theory in the treatment of uncertainty focused on supply chain risk management, using a conceptualization of risk, uncertainty, supply chain and the neutrosophical theory, and seeking to establish a relationship between them by illustrating how the uncertainty of the real world means that the risks to which a supply chain is exposed cannot be quantified by means of conventional mathematics, but in the domain of neutrosophy. There are also some articles with successful applications in decision-making under some degree of uncertainty to finally reach one in which these concepts converge, reaching the conclusion that through this new theory it is possible to quantify the risks based on the qualitative opinion of experts to be included in quantitative models of optimization in supply chain risk management.

---

* Master Thesis

** Faculty of Physicomechanical Engineering. Industrial and Business School. Advisor: M.Sc. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez, Co-advisor: PhD. Florentin Smarandache

Introducción

Debido a la importancia que tiene el sector manufacturero en la economía del mundo y más concretamente en la de nuestro país, el planteamiento de nuevas herramientas para hacer más productivas y eficientes las empresas del sector debe ser tomado con la seriedad que merece.

Uno de los aspectos más importantes para lograr este aumento es la correcta gestión de sus respectivas cadenas de suministro. Para esto, se plantean diversos indicadores de desempeño en cada uno de sus eslabones con el fin de monitorear el comportamiento de la cadena en el tiempo. No obstante, no sólo basta con realizar un control periódico de estos indicadores. Se debe tener en cuenta que la cadena de suministro, como muchos otros elementos, se encuentra expuesta a riesgos de diferentes tipos y magnitudes, que pueden alterar su normal funcionamiento e incluso, pueden llegar a destruirla. Es por esta razón que a medida que las cadenas de suministro se han ido haciendo más grandes y complejas, se han ido enfrentando a una mayor cantidad de riesgos, los cuales no pueden ser abordados en el momento de su aparición, sino que deben ser considerados previamente con el fin de establecer estrategias que permitan minimizar la probabilidad de que estos afecten la cadena y que además permitan mitigar el impacto que generan en caso de presentarse. Es por esta razón que aparece una nueva ciencia que estudia las posibles causas y efectos que los riesgos pueden tener en la cadena, así como las estrategias para gestionarlos. Se trata de la gestión del riesgo en la cadena de suministro (SCRM, por sus siglas en inglés) la cual busca blindar a las empresas de los efectos adversos que los riesgos pueden generar en sus organizaciones.

Ahora bien, estos riesgos y su gestión traen consigo un nuevo aspecto a tener en cuenta: la incertidumbre. Se puede clasificar el tipo de incertidumbre que se encuentra presente en los riesgos en dos grandes grupos: el primero, la incertidumbre aleatoria generada por el hecho de que no sabemos a ciencia cierta el momento en que la cadena se verá enfrentada a un riesgo específico. Esta incertidumbre puede ser tratada por medio de la estimación su probabilidad de ocurrencia y por la relación de causa y efecto que se puede establecer entre un riesgo y algunas variables observables por medio del conocimiento y la experiencia de quienes tienen la responsabilidad de administrar las cadenas de suministro, lo cual minimiza la aleatoriedad de la incertidumbre y la condiciona en gran parte a la ocurrencia de ciertos hechos. Sin embargo, este conocimiento no es uniforme. Nadie tiene una verdad absoluta, razón por la cual la opinión de diferentes expertos puede diferir en ciertos aspectos generando nuestro segundo tipo de incertidumbre: la epistémica. La incertidumbre epistémica es aquella generada por la falta de consenso entre los expertos tanto académicos como empíricos en gestión de riesgos que afectan la cadena de suministro. No podemos, como en la incertidumbre aleatoria, intentar dar una relación a esta incertidumbre con respecto a otros sucesos, razón por la cual debemos encontrar una nueva alternativa para su tratamiento.

Hacia el año 1995, el profesor Florentín Smarandache propuso unas reglas para el tratamiento de la incertidumbre las cuales bautizó con el nombre de teoría neutrosófica. En su teoría, el profesor Smarandache toma el concepto propuesto anteriormente por Hegel de que toda afirmación tiende a ser neutralizada por su contraparte y le agrega el concepto de incertidumbre al agregar a los grados de verdad y falsedad de una afirmación, un grado de incertidumbre. Esto es, que no necesariamente una afirmación es en a por ciento cierta y en b por ciento falsa, sino que puede ser en c por ciento incierta. Esta nueva propuesta nos permite realizar un tratamiento a la

incertidumbre epistémica explicada anteriormente y nos ayuda a cuantificar los riesgos basados en la opinión cualitativa de expertos para ser incluidas en modelos cuantitativos de optimización en la gestión del riesgo en la cadena de suministro, lo cual es la propuesta en el presente trabajo de investigación.

A lo largo de este documento, usted encontrará una revisión de literatura basada en los conceptos de gestión del riesgo en la cadena de suministro, la cuantificación de la incertidumbre y la aplicación de la teoría neutrosófica para llegar a la conclusión de que la unión de estos tres temas puede llegar a convertirse en una interesante alternativa de solución al problema generado a la hora de tomar decisiones bajo incertidumbre. Posteriormente se presentan unos objetivos y una metodología que plantea la creación de un marco de trabajo para la creación de una base de datos probabilística con parámetros cuantificados por medio de la teoría neutrosófica para soportar las decisiones tomadas por un modelo de optimización de los indicadores clave de desempeño de la cadena de suministro y se propone la creación de un algoritmo computacional que los integre.

1. Revisión de literatura

1.1. Introducción

Desde el año 1982 cuando Keith Oliver, un consultor en Booz Allen Hamilton, introdujo al dominio público el concepto de cadena de suministro (Oliver & Webber, 1982) en una entrevista para el Financial Times, el término comenzó a afianzarse e incluirse en el léxico de los negocios para luego convertirse en tema de una gran cantidad de publicaciones y popularizarse rápidamente como un término regular en los nombres de los puestos de algunos funcionarios.

Por otro lado, los conceptos de riesgo y evaluación del riesgo tienen una larga historia. Hace ya más de 2400 años, los griegos ofrecían sus capacidades para evaluar riesgos antes de tomar decisiones (Bernstein, 1996). Sin embargo, la evaluación y gestión de riesgos como un campo científico es relativamente joven, con no más de 30 o 40 años de existencia. Desde entonces ha tenido un desarrollo considerable, apareciendo nuevos y cada vez más sofisticados enfoques y métodos analíticos que han venido siendo aplicados a diferentes campos (Aven, 2016).

Varias tendencias industriales como la subcontratación, la reducción de inventarios, el *Just-In-Time* y los ciclos de vida más cortos del producto han aumentado la exposición de las empresas a los riesgos de la cadena de suministro (SCR) (Colicchia & Strozzi, 2012; Trkman, Oliveira, & McCormack, 2016). Estos riesgos pueden deberse a problemas provocados por el hombre o a desastres naturales y pueden tener importantes consecuencias para las organizaciones, incluidos los problemas financieros y operacionales, lo que podría llevar a la discontinuidad de los negocios (Craighead, Blackhurst, Rungtusanatham, & Handfield, 2007; Rajesh & Ravi, 2015). Dentro de la literatura de SCR, la gestión de riesgos de la cadena de suministro (SCRM) se ha convertido en un área clave de interés. SCRM tiene como objetivo desarrollar estrategias para la identificación, evaluación, tratamiento y monitoreo de riesgos en las cadenas de suministro (Ho, Zheng, Yildiz,

& Talluri, 2015; Neiger, Rotaru, & Churilov, 2009; Tummala & Schoenherr, 2011).

Está bien establecido que las empresas tienen dificultades para gestionar los cambios en su entorno, ya sean innovaciones tecnológicas (Henderson & Clark, 1990), cambios en políticas y regulaciones (K. Smith & Grimm, 1987), o crisis del mercado (Haveman, 1992). Mientras que algunas organizaciones son capaces de adaptarse, muchas se encuentran sujetas a fuertes fuerzas inerciales. Como se ha sugerido, no son estos cambios en el entorno en sí mismos los que los hacen difíciles de manejar, sino la incapacidad asociada de los gerentes para evaluar lo que significan estos cambios (Knight, 1965). Tal turbulencia crea un desafío para la elaboración de estrategias, una actividad que requiere que los gerentes relacionen las opciones estratégicas con su comprensión del entorno que los rodea (Bower, 1970), donde el significado básico de la situación que está en juego, la información del entorno, no se puede comprender como un conjunto de señales fácilmente reconocibles. Por lo tanto, en este escenario donde el entorno es incierto, diseñar estrategias puede comprenderse como el resultado de un concurso entre los diferentes marcos de trabajo que pueden guiar al tomador de decisión en el proceso de comprensión de un entorno ambiguo y de las diversas opciones para responder a él (Kaplan, 2008). Este grado de desconocimiento acerca del comportamiento a futuro del entorno, el cual implica una previsibilidad imperfecta de los hechos, es decir, un evento en el que no se conoce la probabilidad de que ocurra determinada situación es lo que conocemos como incertidumbre.

El tratamiento de la incertidumbre, principalmente en la toma de decisiones, ha sido abordado desde diferentes perspectivas debido a que no existe un modelo que sea válido para todos los casos. Existen modelos con enfoques probabilísticos como las redes bayesianas, modelos con enfoques posibilísticos que utilizan, por ejemplo, la lógica difusa, entre otros modelos. En los últimos años, se ha generado una tendencia hacia la investigación en el tratamiento de la

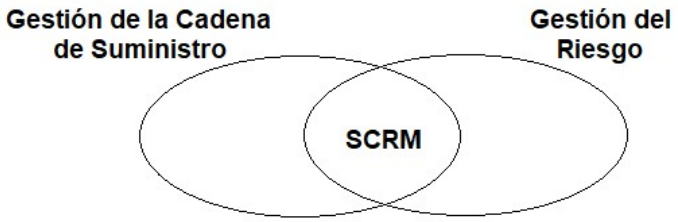
incertidumbre por medio de la teoría neutrosófica (F Smarandache, 1995), la cual estudia el origen, naturaleza y alcance de las neutralidades. Según Smarandache & Leyva-Vasquez, la lógica y los conjuntos neutrosóficos constituyen una generalización de la lógica y los conjuntos difusos (L. Zadeh, 1965), y especialmente de la lógica intuicionista (Atanassov, 1999), con múltiples aplicaciones en el campo de la toma de decisiones, segmentación de imágenes y aprendizaje automático, por citar solo algunos ejemplos (2018).

1.2. Gestión del riesgo en la cadena de suministro

Aunque numerosas discusiones y estudios han considerado la definición de gestión de riesgo en la cadena de suministro (SCRM), todavía no hay consenso (Diehl & Spinler, 2013; Sodhi, Son, & Tang, 2012). Aun así, SCRM puede ser descrito como la intersección de la gestión de la cadena de suministro y la gestión de riesgos como se puede observar en la figura 1.

Figura 1.

Descripción Conceptual de SCRM.



Nota: Adaptado de Paulsson (2004).

1.2.1. Gestión de la cadena de suministro

Para el Consejo de Profesionales de Gestión de la Cadena de Suministro (*Council of Supply Chain Management Professionals*), la gestión de la cadena de suministro abarca la planificación y la gestión de todas las actividades relacionadas con el aprovisionamiento y la adquisición, la conversión y todas las actividades de gestión logística. Es importante destacar que también incluye la coordinación y colaboración con los socios de canal, que pueden ser proveedores,

intermediarios, proveedores de servicios de terceros y clientes. En esencia, la gestión de la cadena de suministro integra la gestión de la oferta y la demanda dentro y entre las empresas.

1.2.2. Gestión del riesgo

Ritchie y Brindley (2007) señalaron tres dimensiones del riesgo de la siguiente manera:

1. Probabilidad de que ocurran eventos / Resultados particulares.
2. Consecuencias / Impacto de la ocurrencia de eventos particulares.
3. Vías causales que conducen a estos eventos (detección).

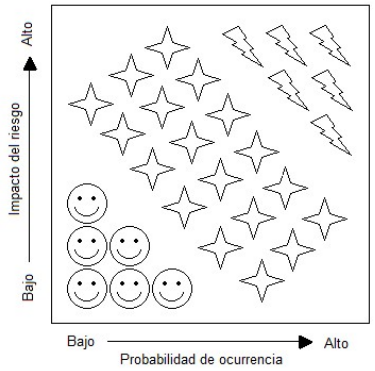
Riesgo = Probabilidad x Impacto x Detección

En la práctica, la cantidad de riesgo generalmente se clasifica en un pequeño número de niveles porque, por lo general, ni la probabilidad ni el impacto del riesgo se pueden estimar con exactitud y precisión. Una matriz de riesgo define los diversos niveles de riesgo, considerando tanto la probabilidad de riesgo como el impacto de riesgo. Este es un mecanismo simple para aumentar la visibilidad de los riesgos y ayudar a la toma de decisiones de la administración (Kester, 2013). Se puede usar una matriz de riesgo para los análisis de riesgo cualitativos y cuantitativos de una cadena de suministro, donde las probabilidades y los impactos se consideran valores subjetivos y objetivos, respectivamente (Norman & Lindroth, 2004). Los dos elementos principales, que son la probabilidad de ocurrencia y el impacto del riesgo, son críticos para determinar la necesidad de una acción para combatir un riesgo en una cadena de suministro. En general, hay tres niveles de riesgo. La condición más segura para una cadena de suministro es cuando la probabilidad de ocurrencia o el impacto del riesgo (o ambos) son muy bajos. Este nivel se conoce como riesgo de bajo nivel y generalmente no requiere ningún esfuerzo con respecto a la gestión de riesgos. En contraste, cuando tanto la probabilidad de ocurrencia como el impacto del riesgo son altos, se requiere una acción inmediata. El tercer nivel se define de manera tal que la

probabilidad de ocurrencia o el impacto del riesgo, o ambos, sean moderados o altos. En este nivel, aunque se requiere un manejo cuidadoso, el riesgo no es crítico como se puede observar en la figura 2.

Figura 2.

Matriz de riesgo e impacto.



1.2.3. Definición de gestión de riesgo en la cadena de suministro (SCRM)

El SCRM ha sido definido de varias formas. Por ejemplo, Tang (2006), describió SCRM como la gestión del riesgo de la cadena de suministro a través de la coordinación o la colaboración entre los socios de la cadena de suministro para garantizar la rentabilidad y la continuidad. Thun & Hoenig (2011) informaron que una característica específica de SCRM, a diferencia de la gestión de riesgos tradicional, es que SCRM se caracteriza por una orientación hacia la colaboración entre empresas con el objetivo de identificar y reducir los riesgos no solo a nivel de la empresa, sino enfocado hacia toda la cadena de suministro. Más adelante, Ho et al. (2015) definen SCRM como "la implementación de estrategias para gestionar tanto los riesgos diarios como los riesgos excepcionales a lo largo de la cadena de suministro basados en la evaluación continua de riesgos con el objetivo de reducir la vulnerabilidad y garantizar la continuidad".

1.3. Clasificación del riesgo

El riesgo de la cadena de suministro ha sido categorizado de diferentes maneras. Sin embargo, lo categorizamos exclusivamente en tres componentes:

1. *Riesgo de suministro:* cualquier riesgo que pueda ocurrir en el lado del suministro con respecto al material de entrada, por ejemplo, interrupciones y retrasos en el suministro, inventario y cronogramas, o retrasos en la logística de entrada.
2. *Riesgo de demanda:* cualquier riesgo que pueda ocurrir en el lado del cliente, por ejemplo, variaciones en la demanda.
3. *Riesgo de proceso:* cualquier riesgo que pueda ocurrir durante la fabricación y el almacenamiento, por ejemplo, averías de la máquina, errores de recursos humanos, fallas de operaciones y problemas financieros. El último componente existe entre los riesgos de oferta y demanda.

1.3.1. Cuantificación de los riesgos.

En situaciones reales, nos enfrentamos a condiciones inciertas debido a la falta de datos y la falta de conocimiento sobre la mayoría de los parámetros (Mohajeri & Fallah, 2016). En algunos casos se considera la incertidumbre en términos de probabilidad donde su función de distribución se puede encontrar a través de experimentos, utilizando enfoques de programación estocástica para hacer frente a la aleatoriedad de sus parámetros (Liu & Iwamura, 1998). En 1978 se introduce por primera vez la teoría de la posibilidad (L. Zadeh, 1978) como una extensión de la teoría de conjuntos difusos y de la lógica difusa. La teoría de la posibilidad se utiliza para medir parámetros subjetivos relacionados con los argumentos de conjuntos difusos. Se utiliza en casos que involucran algún tipo de parámetros desconocidos (Mohajeri & Fallah, 2016).

Heckman, Hsieh, & Schwartz (2015) exponen que, en un problema de optimización

estocástica, para tomar decisiones que restringen el alcance del riesgo, a menudo se requiere cuantificar el riesgo. Con el fin de evaluar y comparar diferentes soluciones para limitar el alcance del riesgo, los tomadores de decisiones deben cuantificar los parámetros imprecisos. La desviación estándar, los enfoques de varianza media, el valor en riesgo y el valor condicional son medidas de riesgo que intentan describir la interacción de la incertidumbre y el alcance de su daño o beneficio relacionado. Estas medidas inicialmente desarrolladas en contextos financieros y de seguros, suelen ser aplicadas a la gestión del riesgo en la cadena de suministro donde no existen medidas cuantitativas que reflejen algunas de sus realidades más complejas. Según estos conceptos, el riesgo de la cadena de suministro también se mide por la probabilidad y la gravedad de los efectos adversos o el alcance de la pérdida (Fishburn, 1984; Haimes, Kaplan, & Lambert, 2002; Morgan, Henrion, & Small, 1992).

1.4. Cuantificación de la incertidumbre

La estimación de parámetros y la cuantificación de incertidumbre son dos tareas cruciales en la práctica de modelado de sistemas (Wang, Wang, Wang, Gao, & Yu, 2017). La cuantificación de la incertidumbre es, en términos generales, la unión de la teoría de la probabilidad y la práctica estadística con "el mundo real".

En los últimos años, los modelos de ingeniería determinística de procesos físicos complejos comenzaron a incorporar algún elemento de incertidumbre para explicar la falta de conocimiento sobre parámetros físicos importantes, la variabilidad aleatoria inherente a las condiciones operativas o la ignorancia absoluta acerca de cuál sería la forma ‘correcta’ de un modelo (Duell, Grzybowska, Rey, & Waller, 2019; Ramalho, Ekel, Pedrycz, Pereira Junior, & Soares, 2019). Nuevamente, el objetivo es proporcionar predicciones más precisas sobre el comportamiento de los sistemas.

1.4.1. Incertidumbre aleatoria y epistémica

Es común dividir la incertidumbre en dos tipos, incertidumbre aleatoria y epistémica (Celik & Ellingwood, 2010). El término incertidumbre aleatoria proviene del latín alea, que significa un dado, se refiere a la incertidumbre acerca de un fenómeno inherentemente variable. El término incertidumbre epistémica, que proviene del griego y significa conocimiento, se refiere a la incertidumbre que surge de la falta de conocimiento. Si se tiene a mano un modelo para algún sistema de interés, entonces la incertidumbre epistémica a menudo se subdivide en forma de modelo, en la cual se tienen dudas significativas de que el modelo es incluso 'estructuralmente correcto', y la incertidumbre paramétrica, en la que se cree que la forma del modelo refleja bien la realidad, pero no se está seguro acerca de los valores correctos que se deben utilizar para los parámetros particulares del modelo. Hasta cierto punto, la distinción entre incertidumbre epistémica y aleatorizada es imprecisa y repite el viejo debate entre los estadísticos frecuentistas y subjetivistas (por ejemplo, bayesianos). Se podría argumentar que los resultados de las tiradas de dados no son incertidumbres aleatorias, simplemente no se tiene suficiente información sobre las condiciones iniciales, por ejemplo, ráfagas de viento podrían afectar el vuelo del dado, la irregularidad de la superficie donde se lanza podría afectar el resultado y así sucesivamente. Por otro lado, generalmente está claro que algunas formas de incertidumbre son más bien epistémicas que aleatorias: por ejemplo, cuando los físicos dicen que aún tienen que presentar una teoría de todo, están expresando una falta de conocimiento sobre las leyes de la física en nuestro universo (Phillips & Elman, 2015), y la correcta descripción matemática de esas leyes. En cualquier caso, independientemente de la interpretación preferida de probabilidad, el lenguaje de la teoría de la probabilidad es una herramienta poderosa para describir la incertidumbre.

1.4.2. Usos comunes de la cuantificación de la incertidumbre.

Muchos objetivos comunes de la cuantificación de la incertidumbre se pueden ilustrar en el contexto de un sistema, F, que asigna las entradas x en algún espacio X a las salidas $y = F(x)$ en algún espacio Y. Algunos objetivos comunes de la cuantificación de la incertidumbre incluyen:

• *La confiabilidad o problema de certificación* (Cheng, Wang, & Yan, 2016). Supongamos que algún conjunto $Y_{fail} \subseteq$ Y se identifica como un 'conjunto de fallos', es decir, el resultado $F(x) \in Y_{fail}$ es indeseable de alguna manera. Dada la información apropiada sobre las entradas x y el proceso de envío F, determine la probabilidad de falla,

$$P_{\mu}[F(x) \in Y_{fail}]$$

Además, en el caso de una falla, ¿cuán grande será la desviación del desempeño aceptable y cuáles son las consecuencias?

• *El problema de predicción* (Zuber, Cabral, McFadyen, Mauger, & Mathews, 2018). Dualmente al problema de confiabilidad, dada una probabilidad máxima aceptable de error $\epsilon > 0$, encuentre un conjunto $Y_{\epsilon} \subseteq$ Y tal que

$$P_{\mu}[F(X) \in Y_{\varepsilon}] \geq 1 - \varepsilon$$

es decir, la predicción $F(x) \in Y_{\varepsilon}$ está equivocada con la probabilidad como máximo ε.

• *Un problema inverso, como la estimación del estado* a menudo para una cantidad que está cambiando en el tiempo *o la identificación de parámetros* (Parlitz, Schumann-Bischoff, & Luther, 2014) generalmente para una cantidad que no está cambiando, o es un parámetro del modelo no físico. Dadas algunas observaciones de la salida, Y, que puede estar corrompida o no ser confiable de alguna manera, intenta determinar las entradas correspondientes X de manera que $F(X) = Y$. ¿En qué sentido son algunas estimaciones para X más o menos confiables que otras?

• *La reducción del modelo o el problema de calibración del modelo* (Kurmann, 2005). Construya

otra función F_h (tal vez un modelo numérico con ciertos parámetros numéricos para calibrar, o uno que implique muchas menos variables de entrada o salida) de tal manera que $F_h \approx F$ en un sentido apropiado. La cuantificación de la precisión de la aproximación puede ser en sí misma un problema de certificación o predicción.

A veces, un problema de cuantificación de la incertidumbre consiste en varios de estos problemas acoplados: por ejemplo, se podría tener que resolver un problema inverso para producir o mejorar algunos parámetros del modelo, y luego usar esos parámetros para propagar algunas otras incertidumbres hacia adelante, y por lo tanto producir una predicción de que se puede utilizar para la toma de decisiones en algún problema de certificación. Los problemas típicos que se deben enfrentar al abordar estos problemas incluyen la alta dimensión de los espacios de parámetros asociados con problemas prácticos (Hidalgo, Manzur, Olavarrieta, & Farías, 2007); la aproximación de integrales (valores esperados) por cuadratura numérica; el costo de evaluar funciones que a menudo corresponden a costosas simulaciones por computadora o experimentos físicos; y la incertidumbre epistémica (Samaniego, 2010) no despreciable sobre la forma correcta de los ingredientes vitales en el análisis, como las funciones y las medidas de probabilidad en integrales clave.

1.5. La teoría neutrosófica

La neutrosofía (Smarandache, 1998) es una nueva rama de la filosofía la cual estudia el origen, naturaleza y alcance de las neutralidades, así como sus interacciones con diferentes espectros ideacionales: <A> es una idea, proposición, teoría, evento, concepto o entidad, <antiA> es el opuesto de <A> y <neutA> significa ni <A> ni <antiA>, es decir, la neutralidad entre los dos extremos (Smarandache, 1998). Etimológicamente neutrosofía proviene del latín “neuter” que significa neutral y del griego “sophia” que significa conocimiento y se define como el

conocimiento de los pensamientos neutrales (F Smarandache, 1995). Su teoría fundamental afirma que toda idea <A> tiende a ser neutralizada, disminuida o balanceada por <noA> como un estado de equilibrio. Cabe destacar que <notA> se refiere a todo aquello que no es A, es decir, <antiA> o <neutA>. En su forma clásica <A>, <neutA> y <antiA> son disjuntos de dos en dos. Como en varios casos los límites entre conceptos son vagos a imprecisos, es posible que <A>, <neutA> y <antiA> tengan partes comunes de dos en dos también.

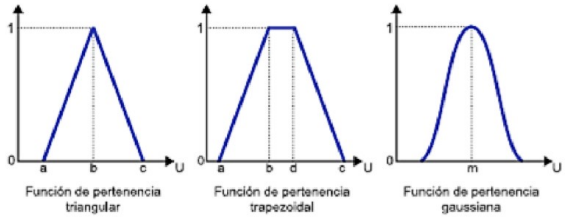
Esta teoría ha constituido la base para la lógica neutrosófica (Smarandache, 1998), los conjuntos neutrosóficos (Haibin, Smarandache, Zhang, & Sunderraman, 2010), la probabilidad neutrosófica, la estadística neutrosófica y múltiples aplicaciones prácticas (F Smarandache, 2003).

1.5.1. Antecedentes

El conjunto difuso fue introducido por L. Zadeh (1965) planteando que cada elemento tiene un grado de pertenencia, es decir, añade a la teoría clásica de conjuntos una función de pertenencia (Del Brio & Molina, 2001). La función de pertenencia o inclusión $U_A(t)$ indica el grado en que la variable t está incluida en el concepto representado por la etiqueta A (Klir & Yuan, 1995). Para la definición de estas funciones de pertenencia se utilizan convenientemente ciertas familias de funciones, por coincidir con el significado lingüístico de las etiquetas más utilizadas. Las funciones utilizadas con mayor frecuencia son la triangular, la trapezoidal y la gaussiana, las cuales se observan en la figura 3.

Figura 3.

Representación gráfica de las funciones de pertenencia.



El conjunto difuso intuicionista en un universo X fue introducido por Atanassov (1986) como una generalización de los conjuntos difusos donde, además del grado de pertenencia $\mu A\ (x) \in [0,1]$ de cada elemento x a un conjunto A, se consideró un grado de no pertenencia $\nu A\ (x) \in [0,1]$, pero tal que para $x \in X, \mu A\ (x) + \nu A\ (x) \leq 1$.

El conjunto difuso y el conjunto difuso intuicionista son casos particulares del conjunto neutrosófico.

1.5.2. Aplicaciones

En los últimos años, se ha aplicado la teoría neutrosófica en varios campos del conocimiento, principalmente para el tratamiento de la incertidumbre. Ha sido utilizada en medicina para la evaluación de los efectos tóxicos de los medicamentos hepáticos biotransformados (Basha, Tharwat, Abdalla, & Hassanien, 2019), en el estudio de la sostenibilidad del transporte público (P. Smith, 2019), en la selección de proveedores (Abdel-Baset, Chang, Gamal, & Smarandache, 2019), en automatización y control para la calibración de controladores PID (Ye, 2019) entre otras aplicaciones en las que se desea un soporte en la toma de decisiones bajo incertidumbre epistémica.

El uso de la teoría neutrosófica integrada con la gestión del riesgo en la cadena de suministro como lo proponen Abdel-Basset, Gunasekaran, Mohamed y Chilamkurti (2019), hace uso de la lógica y de los conjuntos neutrosóficos para cuantificar el riesgo en la cadena de suministro por medio de una consulta a expertos quienes proporcionan en base a su conocimiento empírico y académico valores cualitativos sobre el impacto económico de los riesgos en la cadena de suministro. En esta investigación se demuestra e ilustra por medio de un caso de estudio que los valores neutrosóficos utilizados en la investigación pueden tratar de manera efectiva y eficiente información vaga, incierta e incompleta que tiene un impacto significativo en la gestión de riesgos

en la cadena de suministro.

1.6. Conclusiones

Debido a los intensos cambios que enfrentan las cadenas de suministro y a la presión constante de incrementar su eficiencia, los riesgos en la cadena de suministro han ido en aumento. Una cadena de suministro se extiende hoy a muchos países y conlleva varios tipos de riesgos. Todos estos riesgos deben ser medidos y gestionados. El riesgo es de parámetros intangibles y es difícil de medir, razón por la cual en los temas de investigación se suele utilizar una estimación cualitativa que generalmente es descriptiva y no ofrece una medición precisa del riesgo y su incertidumbre.

Se puede apreciar la posibilidad que ofrece la teoría neutrosófica para realizar la cuantificación de los riesgos que afectan la cadena de suministro y que se encuentran expuestos a incertidumbre epistémica debido a las opiniones diversas y en gran parte cualitativas de los expertos en el área, logrando ajustar los parámetros de impacto esperado y probabilidad de ocurrencia de cada riesgo para ser utilizados en modelos de toma de decisiones para la selección de estrategias en la gestión del riesgo en la cadena de suministro.

2. Planteamiento y justificación

Con un Producto Interno Bruto de US$32.612 millones en el año 2015 y una participación del 12,2 % del PIB total, la industria manufacturera se ubicó como la cuarta actividad productiva más representativa de la economía colombiana (Procolombia, 2016). Gracias a la ubicación geográfica de Colombia, este país se ha convertido en un centro de distribución y producción de

gran relevancia para los mercados internacionales donde se establece como una región promisoria según las calificadoras de riesgo que otorgan al país el grado de inversión (CVN, 2019).

Sin embargo, durante el 2018, en el sector manufacturero colombiano los empresarios se enfrentaron a sobrecostos logísticos, de infraestructura y de materia prima, debidos principalmente a una gestión poco eficiente de los riesgos en su cadena de suministro. Una prueba esto, es que Colombia se encuentra ubicada en el puesto 66 del índice de desempeño logístico (Banco Mundial, 2019) lo que indica que a pesar de la significativa participación del sector en la economía colombiana, no se está aprovechando al máximo su potencial.

Es un hecho que todas las empresas productivas a nivel global toman muy en serio su cadena de suministros, ya que han entendido la importancia e incidencia de una buena gestión de esta en todo proceso productivo. Ahora bien, no podemos hablar de gestión efectiva de la cadena de suministro sin contemplar una buena gestión de los riesgos que suelen afectarla, lo que implica tener bien definida una política de riesgos que permita identificarlos y gestionarlos de forma tal que sus efectos sean nulos o mínimos.

Por esta razón, el riesgo de interrupción de las cadenas de suministro debe ser gestionado, no puede ignorarse este importante elemento que resta competitividad y cumplimiento a la gestión de la cadena de suministros. Vale la pena retomar una definición que hacen LOGyCA y el CLI (Centro Latinoamericano de Innovación Logística) sobre el riego en el contexto empresarial, afirmando que éste representa la posibilidad de que un suceso imprevisto impacte a la compañía, perjudicando sus operaciones y entorpeciendo sus planes.

Como se pudo observar en la revisión de literatura, debido a la creciente complejidad e interrelación de las cadenas de suministro modernas, la probabilidad de ocurrencia y el impacto esperado de un riesgo se han vuelto difíciles o incluso imposibles de predecir (Helbing,

Armbruster, Mikhailov, & Lefeber, 2006), lo cual ha llevado a las investigaciones a buscar minimizar el impacto que genera la incertidumbre en las cadenas de suministro, pero debido a la complejidad del tema, no se ha encontrado una solución absoluta y se encuentra abierto a nuevos aportes.

El presente trabajo de investigación contribuirá a las empresas y a la sociedad en general al proponer un modelo que haga más eficiente la gestión del riesgo y por ende el funcionamiento de las cadenas de suministro de la región, teniendo en cuenta la incertidumbre presente en la selección de estrategias para la gestión del riesgo y dando como resultado empresas más competitivas y resilientes a la aparición de disrupciones que puedan afectar su normal funcionamiento.

3. Hipótesis

La cuantificación de los parámetros de probabilidad de ocurrencia e impacto esperado de los riesgos que afectan a la cadena de suministro a partir de la opinión de expertos por medio de la teoría neutrosófica para ser incluidos en el modelo de optimización, permite una mayor aproximación del modelo a la realidad y por ende genera resultados más confiables.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

- Diseñar un marco de trabajo para la creación de un sistema experto para soporte en la toma de decisiones en la selección de estrategias para la gestión del riesgo en la cadena de suministro.

4.2 Objetivos Específicos

- Formular un modelo que seleccione el conjunto de estrategias de gestión del riesgo que optimice los indicadores clave de desempeño de la cadena de suministro de acuerdo con el enfoque estratégico de la organización.
- Recopilar información basada en el conocimiento y experiencia de los autores sobre la probabilidad de ocurrencia y el impacto esperado de cada uno de los riesgos que afectan la cadena de suministro con el propósito de ser cuantificados por medio de la teoría neutrosófica.
- Estructurar una base de conocimiento probabilística que defina las relaciones entre los indicadores clave de desempeño, los riesgos que afectan la cadena de suministro y las estrategias para su gestión.
- Desarrollar un algoritmo computacional que integre el modelo propuesto y la base de conocimiento para hallar el conjunto óptimo de estrategias de gestión del riesgo de acuerdo con el enfoque estratégico de la organización.
- Validar el sistema experto por medio de la simulación de diferentes escenarios para cada uno de los enfoques estratégicos de la cadena de suministro.

5. Marco teórico

5.1. El modelo SCOR

El modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference Model) fue propuesto por el Council of Supply Chain Management Professionals (2012) para vincular los procesos comerciales, las mejores prácticas, las métricas de rendimiento, las personas y la tecnología en una estructura unificada. El modelo SCOR permite a los profesionales identificar las características que contribuyen a la satisfacción del cliente al describir la forma en que los procesos interactúan a lo largo de una cadena de suministro y cómo se establecen las relaciones desde de un proveedor hasta un cliente del cliente (Ntabe, LeBel, Munson, & Santa-Eulalia, 2015). Ha sido reconocido a nivel mundial y ampliamente aplicado en la industria, ya que es un modelo de referencia que permite a las empresas comunicarse utilizando la misma terminología dentro y entre las organizaciones (Akkawuttiwanich & Yenradee, 2018). El modelo SCOR es una excelente herramienta de apoyo a la gestión táctica y operativa para la toma de decisiones en la planificación estratégica (Estampe, Lamouri, Paris, & Brahim-Djelloul, 2013).

La tabla 1 muestra los cinco atributos sugeridos por el modelo SCOR para administrar el desempeño de la cadena de suministro y que deben ser adoptados para una mejor dirección estratégica. La confiabilidad, capacidad de respuesta y agilidad están centrados en el cliente y se ocupan de la efectividad de los procesos externos de la empresa. Los atributos de activos y costos están enfocados en los procesos internos de la empresa y miden su eficiencia (Chorfi, Benabbou, & Berrado, 2018).

Tabla 1.

Atributos de desempeño sugeridos por el modelo SCOR.

Atributo	Descripción
Confiabilidad	"La habilidad para realizar las tareas de la forma esperada. Se enfoca en la predictibilidad de los resultados de un proceso."
Respuesta	"La velocidad a la que se realizan las tareas. La velocidad con la que la cadena de suministro provee los productos al cliente."
Agilidad	"La habilidad de responder ante influencias externas, de responder a cambios en el mercado para ganar o mantener una ventaja competitiva."
Activos	"La habilidad de hacer un uso eficiente de los activos. Las estrategias de gestión de activos incluyen reducción de inventario y un balance entre insourcing y outsourcing."
Costos	"Los costos de operación de la cadena de suministro. Incluye mano de obra, materiales, mantenimiento y transporte."

Nota: Adaptado de Council of Supply Chain Management Professionals (2012).

5.2. Técnica AHP-TOPSIS neutrosófica

A comienzos de la década de 1980, se generalizó una técnica para toma de decisiones de criterios múltiples conocida como Analytic Hierarchy Process o AHP (Saaty & Vargas, 1979), la cual se convirtió en un método indispensable para que los gerentes tomen decisiones sobre un amplio dominio de problemas complejos que implican la elección de tecnología, el diseño y la planificación de productos, el pronóstico y el modelado de riesgos y oportunidades por medio de la descomposición de un problema complejo en subproblemas para simplificarlo, utilizando los juicios de comparación por pares para calcular el peso de cada criterio en el problema.

Recientemente, Abdel-Basset *et al.* (2019), propusieron integrar el método AHP propuesto por Saaty con la teoría de conjuntos neutrosóficos propuesta por Smarandache (1999). En el AHP

neutrosófico, se utiliza una escala de relación neutrosófica que se puede observar en la tabla 2 para indicar la importancia relativa de los factores de los criterios correspondientes. Los números neutrosóficos se usan para indicar la importancia relativa de criterios y alternativas y más adelante se utiliza una función de puntuación para convertir los números neutrosóficos a valores nítidos.

Tabla 2.

La escala neutrosófica triangular utilizada en el AHP neutrosófico

Escala Saaty	Explicación	Escala Neutrosófica Triangular
1	Igualmente significativo	$\tilde{1} = \langle(1,1,1)\rangle$
3	Ligeramente más significativo	$\tilde{3} = \langle(2,3,4)\rangle$
5	Fuertemente más significativo	$\tilde{5} = \langle(4,5,6)\rangle$
7	Muy fuertemente más significativo	$\tilde{7} = \langle(6,7,8)\rangle$
9	Absolutamente más significativo	$\tilde{9} = \langle(9,9,9)\rangle$
2	Valores esporádicos entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle(1,2,3)\rangle$
4		$\tilde{4} = \langle(3,4,5)\rangle$
6		$\tilde{6} = \langle(5,6,7)\rangle$
8		$\tilde{8} = \langle(7,8,9)\rangle$

Nota: Adaptado de Abdel-Basset et al. (2019)

Igualmente Abdel-Basset *et al.* (2019) integran la técnica denominada Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) con la teoría de conjuntos neutrosóficos (F Smarandache, 1999). TOPSIS fue desarrollada para resolver problemas de toma de decisiones con criterios múltiples (MCDM) por Yoon y Hwang,(1981) donde la alternativa seleccionada es la que

tiene la distancia más corta a la solución positiva ideal y la distancia más larga a la solución negativa ideal. TOPSIS se aplicó en varias aplicaciones, como la selección de proveedores, la selección de ubicación, la clasificación de alternativas de transportista y la evaluación de la empresa. En TOPSIS neutrosófica, los valores son valores neutrosóficos y el proceso incluye técnicas matemáticas neutrosóficas.

5.3. Sistemas Expertos Probabilísticos

Debido a que los sistemas expertos deterministas basados en reglas no abordan la incertidumbre y a que en la mayoría de las aplicaciones prácticas la incertidumbre se encuentra presente, se hace necesaria la aparición de sistemas expertos que aborden situaciones inciertas (Castillo, Gutiérrez, & Hadi, 1997). Podemos utilizar como ejemplo el diagnóstico médico, en el cual el médico debe realizar un diagnóstico basado en hechos que no necesariamente son precisos (subjetividad, imprecisión, falta de información, errores, datos faltantes, etc.) y a relaciones entre síntomas y enfermedades que pueden llevar a un mismo conjunto de síntomas a más de una posible enfermedad. En este caso el diagnóstico no busca saber en primera instancia exactamente que enfermedad sufre el paciente, sino cual sería la más probable.

Un sistema experto probabilístico (PES) se especifica típicamente como una red probabilística causal que relaciona las propiedades de la independencia condicional entre las variables a un grafo dirigido con el conjunto de vértices y es un método eficiente para especificar y manejar la distribución de probabilidad conjunta de una colección finita de variables aleatorias (Lauritzen & Spiegelhalter, 1988) las cuales se compilan para producir una nueva estructura conocida como árbol de unión (Jensen, 1988) que las hace susceptibles a la aplicación de algoritmos simples (Dawid, 1992).

6. Metodología

La metodología propuesta en la siguiente investigación se divide en siete etapas. En la primera etapa, se realiza una selección de los riesgos que pueden afectar a la cadena de suministro. En la segunda etapa, se seleccionan estrategias para la gestión de dichos riesgos. En la tercera etapa, se seleccionan los indicadores de desempeño que servirán de métrica para la cuantificación de los riesgos. En la cuarta etapa, por medio de la opinión de los tomadores de decisión y el uso de la técnica AHP neutrosófica, le daremos un peso de acuerdo con la importancia a cada una de las métricas de desempeño de la cadena de suministro. La quinta etapa nos permite utilizar el concepto de los tomadores de decisión y una función matemática para asignar la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo en condiciones de funcionamiento normal. En la sexta etapa, utilizando nuevamente el concepto de los expertos y la técnica TOPSIS neutrosófica, primero asignaremos un peso a cada riesgo sobre la cadena de suministro teniendo en cuenta el impacto en cada una de las métricas de desempeño con su respectivo peso obtenido en la etapa cuatro, luego multiplicamos este peso por la probabilidad de ocurrencia obtenida en la etapa cinco. Luego aplicamos nuevamente la técnica TOPSIS neutrosófica para dar un peso a cada estrategia de acuerdo con la efectividad para gestionar cada uno de los riesgos teniendo en cuenta el peso obtenido anteriormente y seleccionamos las estrategias con mayor peso para sugerir su aplicación en la gestión del riesgo en la cadena de suministro. Finalmente, en la etapa siete, procedemos a crear un algoritmo que almacene la información extraída de la opinión de los expertos en una base de conocimiento que alimentará nuestro sistema experto.

6.1. Selección de los riesgos que pueden afectar la cadena de suministro

La metodología propone realizar un sondeo entre los expertos para conocer de primera mano cuales son los riesgos que ellos consideran que pueden afectar a su cadena de suministro. Para el presente capítulo se seleccionan los doce riesgos propuestos por Rajesh (2020) los cuales se pueden ver en la tabla 3.

Tabla 3.

Riesgos en la gestión de la cadena de suministro.

Código	Riesgo
R1	Errores en pronósticos de la demanda de un producto debido a temporadas, variedad de productos y ciclos de vida más cortos que pueden afectar la disponibilidad y por ende los tiempos de entrega.
R2	Tiempos de entrega de producto terminado a los clientes mayores a lo esperado por problemas con la logística de entrega.
R3	Tiempos de entrega de suministros mayores a lo esperado por demora de los proveedores.
R4	Falta de flexibilidad en el diseño de un producto para cambiar o adaptarse de acuerdo con el comportamiento actual del mercado.
R5	Falta de flexibilidad de la capacidad, la sobre utilización o el desaprovechamiento generan respuestas pobres a una demanda cambiante.
R6	Falta de flexibilidad en las estrategias de producto. Inventarios demasiado altos o bajos generan sobre costos principalmente en productos de alto valor y ciclos de vida.
R7	La ocurrencia de eventos como desastres naturales, huelgas, guerras o terrorismo son poco comunes e impredecibles, pero tienen un fuerte impacto negativo en la cadena de suministro.
R8	Inapropiada integración tecnológica. El uso de tecnología obsoleta o el mal uso de nuevas tecnologías trae como consecuencia clientes insatisfechos y demandas no cubiertas.
R9	Integraciones de sistemas de información incongruentes.
R10	Incremento de costos de adquisición debido a cambios de tasas de cambio, a contar con un único proveedor o a cambios contractuales, así como la falta de compromiso y continuidad de los proveedores.
R11	La transparencia de la cadena de suministro está disminuyendo a medida que los procesos logísticos se subcontratan
R12	El outsourcing dificulta la protección de la propiedad intelectual.

6.2. Selección de estrategias para la gestión de riesgo en la cadena de suministro

La metodología proponer realizar un sondeo entre los expertos para conocer de primera mano cuales son las estrategias que ellos consideran que pueden servir para gestionar los riesgos de su cadena de suministro. Para el presente capítulo se seleccionan las estrategias propuestas por Rajesh (2020), las cuales se pueden observar en la tabla 4.

Tabla 4.

Estrategias de para la gestión de riesgos en la cadena de suministro.

Código	Estrategia
S1	El diseño de la cadena de suministro se puede modificar o ajustar de tal manera que se mantengan rutas redundantes en todo momento y reduciendo la longitud de las cadenas de suministro.
S2	Aumentar el número de proveedores alternativos hace que las cadenas de suministro sean resilientes y, por lo tanto, permite a las empresas cambiar las cantidades de pedidos entre proveedores.
S3	La introducción de flexibilidad en los contratos vinculantes permite a la cadena de suministro cambiar las cantidades de pedidos a lo largo del tiempo.
S4	La planificación del surtido le permite a la empresa responder más rápido a las demandas de diferentes productos a través de un mayor control.
S5	La imprevisibilidad de la demanda bajo riesgos de alto pronóstico puede manejarse mejor agregando la demanda.
S6	La resiliencia se puede mejorar mediante el uso de capacidad descentralizada para productos con demandas predecibles y capacidad centralizada para productos con demandas impredecibles.
S7	Los procesos y los productos pueden estandarizarse para reducir los niveles de inventario y facilitar los ensamblajes intercambiables.
S8	La agilidad se puede impartir a través de operaciones flexibles, que ayudan a entregar nuevos productos con plazos de entrega más cortos.
S9	Se pueden adoptar sistemas de fabricación flexibles para facilitar operaciones paralelas para reducir el tiempo de proceso y aumentar la resiliencia.
S10	El trabajo colaborativo con socios aumenta la confianza entre ellos y aumenta las oportunidades de cobertura de riesgos.

Código	Estrategia
S11	Las distorsiones de la información pueden reducirse aumentando la visibilidad de la capacidad y el inventario para evitar las exageraciones de la demanda durante la escasez de productos.
S12	Los empleados para un trabajo también están capacitados para realizar otros trabajos. Esto aumenta la flexibilidad de la mano de obra para evadir los cuellos de botella.
S13	La flexibilidad del producto se puede lograr mediante la diferenciación retardada. Esto ayuda a incorporar rápidamente los cambios de configuración de los productos.
S14	Al racionalizar, se pueden evitar productos con mayores riesgos. La exposición al riesgo puede reducirse mediante la elección adecuada de productos.
S15	Descentralizar el inventario de productos con demanda estable y centralizar el inventario de productos con demandas inciertas.
S16	La implementación de flexibilidad en el enrutamiento aumenta la capacidad de respuesta de los productos al cambiar los modos de transporte rápidamente
S17	La capacidad de gestión de la demanda y los ingresos de la empresa se puede mejorar influyendo dinámicamente en la selección de productos del cliente.
S18	La renovación del producto aumenta el control sobre la exposición del producto para mejorar la capacidad de gestionar la oferta y la demanda.
S19	Los riesgos financieros derivados de las cuentas por cobrar retrasadas de los clientes pueden reducirse aumentando el número de cuentas de clientes.
S20	La adopción de estrategias de fijación de precios receptivas permite a la empresa cambiar las cantidades de producción entre diferentes productos para reducir los riesgos relacionados con la fijación de precios inestable.
S21	El seguro es la forma de lidiar con los riesgos, tratando de evitar sus efectos. Esto ayuda a cubrir la pérdida directa o daños a cualquier elemento tangible.

6.3. Selección de las métricas de desempeño de la cadena de suministro

La metodología de la presente investigación propone el uso de las métricas sugeridas por el modelo SCOR. De acuerdo con el detalle con que se desee realizar la medición de los indicadores clave de desempeño, se utilizarán las métricas de nivel 1, las métricas de nivel 2 o las métricas de nivel 3. Las métricas niveles 1 y 2 se pueden observar en la tabla 5. Las métricas de

nivel 3 sirven de diagnóstico para las métricas de nivel 2. Para el alcance de la presente investigación se utilizarán métricas de nivel 2.

Tabla 5.

Métricas de desempeño nivel 1 y 2 propuestas por el modelo SCOR.

Atributo	Métrica Nivel 1	Código	Métrica Nivel 2
Confiabilidad	Cumplimiento de la orden perfecta.	RL21	% de órdenes entregadas completas.
		RL22	Entrega en la fecha acordada con el cliente.
		RL23	Documentación exacta.
		RL24	Entrega en perfectas condiciones.
Respuesta	Tiempo de ciclo de cumplimiento de la orden.	RS21	Tiempo de ciclo de suministro.
		RS22	Tiempo de ciclo de producción.
		RS23	Tiempo de ciclo de entrega.
		RS24	Tiempo de ciclo de retail.
		RS25	Tiempo de ciclo de devoluciones.
Agilidad	Adaptabilidad de la cadena de suministro. El porcentaje máximo sostenible de aumento en la cantidad de órdenes.	AG21	El porcentaje de aumento máximo sostenible en cantidad de materia que puede ser adquirida.
		AG22	El porcentaje de aumento máximo sostenible en la producción asumiendo que no hay restricción de materia prima.
		AG23	El porcentaje de aumento máximo sostenible en las entregas asumiendo que no hay restricción por producto disponible.
		AG24	El porcentaje de aumento máximo sostenible de devolución de materia prima a los proveedores.
		AG25	El porcentaje de aumento máximo sostenible de devoluciones por parte de los clientes.
	Adaptabilidad. El porcentaje máximo sostenible de disminución en la cantidad de órdenes.	AG26	La reducción máxima sostenible de cantidad de materia prima.
		AG27	La reducción máxima sostenible de producción.
		AG28	La reducción máxima sostenible de entregas.

Atributo	Métrica Nivel 1	Código	Métrica Nivel 2
Costos	Costo total de la gestión de la cadena de suministro.	CO21	Costo de planear.
		CO22	Costo de proveer.
		CO23	Costo de producir.
		CO24	Costo de entregar y/o instalar.
		CO25	Costo de devoluciones.
	Costo de los bienes vendidos.	CO27	Costo directo de mano de obra.
		CO28	Costo directo de materiales.
		CO29	Costos indirectos de producción.
Activos	Tiempo de ciclo del efectivo.	AM21	Tiempo desde la venta hasta la recepción del efectivo.
		AM22	Cantidad de inventario expresado en días de ventas.
		AM23	Tiempo desde el pago de materiales, mano de obra y conversión hasta recibir efectivo.
	Retorno de activos fijos.	AM24	Ingresos de la cadena de suministro.
		AM25	Activos fijos de la cadena de suministro.
	Retorno del capital de trabajo.	AM26	Cuentas por pagar.
		AM27	Cuentas por cobrar.
		AM28	Inventario.

6.4. Selección de los expertos

La metodología de la presente investigación propone indagar a expertos y tomadores de decisión sobre la información que se utilizará para estimar la probabilidad de ocurrencia y el impacto esperado de cada uno de los riesgos, así como la efectividad de cada una de las estrategias que se utilizan para su gestión. Para el alcance del presente capítulo y de manera ilustrativa para comprobar los resultados del sistema experto, se trabajará con el conocimiento de los autores.

6.5. Estimación de pesos por medio de la técnica AHP neutrosófica

El primer paso es asignar un peso a cada uno de los atributos del modelo SCOR de acuerdo con la importancia que cada uno de los tomadores de decisión le dan a cada uno de ellos dentro de la cadena de suministro. Para esto vamos a hacer uso de la técnica AHP neutrosófica propuesta

por Abdel-Basset *et al.* (2019) haciendo uso de la escala propuesta en la tabla 2. A cada tomador de decisión se le consultará al final de las entrevistas, de acuerdo con su conocimiento, experiencia y los temas consultados, que probabilidad cree que tiene de haber dado respuestas acertadas, qué probabilidad ve de haberse equivocado y qué grado de incertidumbre, bien sea por falta de conocimiento, ambigüedad de los temas o cualquier otra razón considera que tienen sus respuestas. Estos valores se encontrarán en el rango entre 0 y 1 y se asignarán como valores de verdad (T), falsedad (F) e incertidumbre (I). Los valores obtenidos de la comparación por pares se muestran en la figura 9.

Figura 4.

Resultados obtenidos de la comparación por pares para los atributos.

	Experto	**Confiabilidad**	**Respuesta**	**Agilidad**	**Costos**	**Activos**
Confiabilidad	1	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]				
	3	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]				
Respuesta	1		[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]			
	3	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]		
Agilidad	1			[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]		
	3	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]		[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]		

	Experto	Confiabilidad	Respuesta	Agilidad	Costos	Activos
Costos	1				[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	
	3	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,2,3);0.80, 0.30, 0.20]
Activos	1					[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,2,3);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(3,4,5);0.80, 0.30, 0.20]		[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]

Utilizando la función score propuesta por la técnica AHP neutrosófica (Abdel-Basset et al., 2019), ecuaciones 1 y 2, convertimos los valores a números nítidos.

$$S(a_{ij}) = \frac{La_i + Ma_{ij} + Ua_{ij}}{3} + \left(Ta_{ij} - Ia_{ij} - Fa_{ij}\right) \quad (1)$$

$$S(a_{ji}) = \frac{1}{\left(\frac{La_i + Ma_{ij} + Ua_{ij}}{3} + \left(Ta_{ij} - Ia_{ij} - Fa_{ij}\right)\right)} \quad (2)$$

Una vez convertidos los valores a números nítidos, procedemos a normalizar la matriz de decisión utilizando la ecuación 3:

$$\widehat{S_{ij}} = \frac{S_{ij}}{\sum S_{.j}} \quad (3)$$

donde $\sum S_{.j}$ es la suma de todos los valores de la columna. El siguiente paso es hallar el valor de los pesos de cada atributo por medio de la ecuación 4:

$$w_i = \frac{\sum \widehat{S_{i.}}}{3} \quad (4)$$

donde $\sum \widehat{S_{i.}}$ es la suma de cada fila de la matriz de decisión normalizada. Ahora realizamos el procedimiento descrito para cada uno de los tres tomadores de decisión. Las matrices de decisión normalizadas y los pesos de cada atributo según la opinión de cada experto se pueden observar en las figuras 10, 11 y 12.

Figura 5.

Matriz de decisión normalizada y peso de cada atributo para el experto 1.

	Confiabilidad	**Respuesta**	**Agilidad**	**Costos**	**Activos**	**Peso**
Confiabilidad	0.4838	0.6338	0.3913	0.3488	0.2941	**0.4303**
Respuesta	0.1612	0.2112	0.3913	0.3488	0.2941	**0.2813**
Agilidad	0.1612	0.0704	0.1304	0.2093	0.1764	**0.1495**
Costos	0.0967	0.0422	0.0434	0.0697	0.1764	**0.0857**
Activos	0.0967	0.0422	0.0434	0.0232	0.0588	**0.0529**

Figura 6.

Matriz de decisión normalizada y peso de cada atributo para el experto 2.

	Confiabilidad	**Respuesta**	**Agilidad**	**Costos**	**Activos**	**Peso**
Confiabilidad	0.0909	0.0667	0.0833	0.1429	0.0769	**0.0921**
Respuesta	0.1818	0.1333	0.0833	0.1429	0.1538	**0.1390**
Agilidad	0.1818	0.2667	0.1667	0.1429	0.1538	**0.1824**
Costos	0.1818	0.2667	0.3333	0.2857	0.3077	**0.2750**
Activos	0.3636	0.2667	0.3333	0.2857	0.3077	**0.3114**

Figura 7.

Matriz de decisión normalizada y peso de cada atributo para el experto 3.

	Confiabilidad	Respuesta	Agilidad	Costos	Activos	Peso
Confiabilidad	0.0769	0.0435	0.0294	0.1333	0.0851	**0.0737**
Respuesta	0.2308	0.1304	0.2647	0.1333	0.0851	**0.1689**
Agilidad	0.2308	0.0435	0.0882	0.1333	0.0638	**0.1119**
Costos	0.2308	0.3913	0.2647	0.4000	0.5106	**0.3595**
Activos	0.2308	0.3913	0.3529	0.2000	0.2553	**0.2861**

El siguiente paso es verificar la consistencia de la información obtenida, valiéndonos para esto de la ratio de consistencia. Para calcularlo, debemos multiplicar los valores desneutrosoficados por el peso correspondiente a cada atributo para obtener la matriz pesada, luego sumar las filas y dividir este valor por el peso del atributo. Los valores obtenidos se promedian para obtener el λ_{max} de cada experto. Los resultados se pueden observar en la figura 13.

Figura 8.

Valores de λ_{max}.para cada experto para la matriz de decisión atributos.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
λmax	5.3633	5.1170	5.4473

Ahora utilizamos la ecuación 5 para calcular la ratio de consistencia (CR), el cual es la razón entre el índice de consistencia (CI) y el índice de aleatoriedad (RI):

$$CR = \frac{CI}{RI}, donde\ CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \qquad (5)$$

donde n es el número de atributos, para este caso $n = 5$, λ_{max} lo hallamos en la tabla 10, el valor de RI para $n = 3$ es 1.12 y para que cada una de las matrices de decisión se consideren consistentes, la ratio de consistencia (CR) para matrices de 5 por 5 debe ser menor a 0.1. Como podemos observar en la figura 14, las tres matrices de decisión son consistentes al tener valores de CR menores a 0.1 por lo cual son aceptables los pesos calculados.

Figura 9.

Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión atributos de cada experto.

	CI	RI	CR	Consistente
Experto 1	0.0908	1.12	0.0811	**Si**
Experto 2	0.0293	1.12	0.0261	**Si**
Experto 3	0.1118	1.12	0.0998	**Si**

En la figura 15 podemos observar los pesos obtenidos por cada experto para cada uno de los atributos que utilizaremos como métricas y calculamos el peso promedio para cada atributo, el cual utilizaremos más adelante en este capítulo.

Figura 10.

Peso promedio para cada atributo.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
Confiabilidad	0.4303	0.0921	0.0737	**0.1987**
Respuesta	0.2813	0.1390	0.1689	**0.1964**
Agilidad	0.1495	0.1824	0.1119	**0.1480**
Costos	0.0857	0.2750	0.3595	**0.2401**
Activos	0.0529	0.3114	0.2861	**0.2168**

Acto seguido, procedemos a calcular el peso de cada una de las métricas de nivel 2 sobre el atributo confiabilidad. Los resultados obtenidos de la comparación por pares en escala neutrosófica se pueden observar en la figura 16.

Figura 11.

Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de confiabilidad.

	Experto	**RL21**	**RL22**	**RL23**	**RL24**
RL21	1	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(6,7,8);0.70, 0.40, 0.20]	
	2	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	
	3	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]	
RL22	1		[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	
	2		[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,2,3);0.50, 0.50, 0.50]	
	3		[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	
RL23	1			[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	
	2			[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	
	3			[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	
RL24	1	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(9,9,9);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(1,2,3);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]	[(6,7,8);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]

Las matrices de decisión normalizadas y los pesos de cada atributo según la opinión de cada experto se pueden observar en las figuras 17, 18 y 19.

Figura 12.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de confiabilidad para el experto 1.

	RL21	RL22	RL23	RL24	Peso
RL21	0.2234	0.3214	0.3500	0.2027	**0.2744**
RL22	0.0745	0.1071	0.1500	0.1216	**0.1133**
RL23	0.0319	0.0357	0.0500	0.0676	**0.0463**
RL24	0.6702	0.5357	0.4500	0.6081	**0.5660**

Figura 13.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de confiabilidad para el experto 2.

	RL21	RL22	RL23	RL24	Peso
RL21	0.3333	0.3333	0.2500	0.3636	**0.3201**
RL22	0.1667	0.1667	0.1250	0.1818	**0.1600**
RL23	0.1667	0.1667	0.1250	0.0909	**0.1373**
RL24	0.3333	0.3333	0.5000	0.3636	**0.3826**

Figura 14.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de confiabilidad para el experto 3.

	RL21	RL22	RL23	RL24	Peso
RL21	0.2206	0.3214	0.3125	0.1989	**0.2633**
RL22	0.0735	0.1071	0.1875	0.1193	**0.1219**
RL23	0.0441	0.0357	0.0625	0.0852	**0.0569**
RL24	0.6618	0.5357	0.4375	0.5966	**0.5579**

Los valores de λ_{max} se pueden observar en la figura 20.

Figura 15.

Valores de λ_{max}.para cada matriz de decisión métricas de confiabilidad.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
λmax	4.0879	4.0607	4.1184

Como podemos observar en la figura 21, las tres matrices de decisión son consistentes al tener valores de CR menores a 0.1 por lo cual son aceptables los pesos calculados.

Figura 16.

Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión métricas de confiabilidad.

	CI	RI	CR	Consistente
Experto 1	0.0293	0.89	0.0329	**Si**
Experto 2	0.0202	0.89	0.0227	**Si**
Experto 3	0.0394	0.89	0.0443	**Si**

En la figura 22 podemos observar los pesos obtenidos por cada experto para cada una de las métricas que utilizaremos y calculamos el peso promedio para cada una.

Figura 17.

Peso promedio para cada una de las métricas de confiabilidad.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
RL21	0.2744	0.3201	0.2633	**0.2859**
RL22	0.1133	0.1600	0.1219	**0.1317**
RL23	0.0463	0.1373	0.0569	**0.0802**
RL24	0.5660	0.3826	0.5579	**0.5022**

Ahora procedemos a calcular el peso de cada una de las métricas de nivel 2 sobre el atributo respuesta. Los resultados obtenidos de la comparación por pares en escala neutrosófica se pueden observar en la figura 23.

Figura 18.

Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de respuesta.

	Experto	**RS21**	**RS22**	**RS23**	**RS24**	**RS25**
RS21	1	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,2,3);0.70, 0.40, 0.20]		[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(6,7,8);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]		[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]
RS22	1		[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]		[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]
	2		[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,2,3);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]
RS23	1	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(6,7,8);0.70, 0.40, 0.20]
	2			[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]
	3			[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]
RS24	1				[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]
	2				[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]
	3				[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,2,3);0.80, 0.30, 0.20]
RS25	1					[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]
	2					[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]
	3					[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]

Las matrices de decisión normalizadas y los pesos de cada atributo según la opinión de cada experto se pueden observar en las figuras 24, 25 y 26.

Figura 19.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de respuesta para el experto 1.

	RS21	RS22	RS23	RS24	RS25	Peso
RS21	0.2041	0.3061	0.1659	0.3488	0.2381	**0.2526**
RS22	0.1020	0.1531	0.1659	0.2093	0.2381	**0.1737**
RS23	0.6122	0.4592	0.4976	0.3488	0.3333	**0.4502**
RS24	0.0408	0.0510	0.0995	0.0698	0.1429	**0.0808**
RS25	0.0408	0.0306	0.0711	0.0233	0.0476	**0.0427**

Figura 20.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de respuesta para el experto 2.

	RS21	RS22	RS23	RS24	RS25	Peso
RS21	0.4138	0.4211	0.4211	0.4211	0.3529	**0.4060**
RS22	0.2069	0.2105	0.2105	0.2105	0.2353	**0.2148**
RS23	0.2069	0.2105	0.2105	0.2105	0.2353	**0.2148**
RS24	0.1034	0.1053	0.1053	0.1053	0.1176	**0.1074**
RS25	0.0690	0.0526	0.0526	0.0526	0.0588	**0.0571**

Figura 21.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de respuesta para el experto 3.

	RS21	RS22	RS23	RS24	RS25	Peso
RS21	0.2113	0.1613	0.3913	0.3448	0.3125	**0.2842**
RS22	0.6338	0.4839	0.3913	0.3448	0.3125	**0.4333**
RS23	0.0704	0.1613	0.1304	0.2069	0.1875	**0.1513**
RS24	0.0423	0.0968	0.0435	0.0690	0.1250	**0.0753**
RS25	0.0423	0.0968	0.0435	0.0345	0.0625	**0.0559**

Los valores de λ_{max}.para cada matriz de decisión de las métricas de respuesta se pueden observar en la figura 27.

Figura 22.

Valores de λ_{max}.para cada matriz de decisión métricas de respuesta.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
λmax	5.2413	5.0099	5.2655

Como podemos observar en la figura 28, las tres matrices de decisión son consistentes al tener valores de CR menores a 0.1 por lo cual son aceptables los pesos calculados.

Figura 23.

Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de respuesta.

	CI	RI	CR	Consistente
Experto 1	0.0603	1.12	0.0538	**Si**
Experto 2	0.0024	1.12	0.0022	**Si**
Experto 3	0.0663	1.12	0.0592	**Si**

En la figura 29 podemos observar los pesos obtenidos por cada experto para cada una de las métricas de respuesta y el peso promedio para cada una.

Figura 24.

Peso promedio para cada métrica de respuesta.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
RS21	0.2526	0.4060	0.2842	**0.3143**
RS22	0.1737	0.2148	0.4333	**0.2739**
RS23	0.4502	0.2148	0.1513	**0.2721**
RS24	0.0808	0.1074	0.0753	**0.0878**
RS25	0.0427	0.0571	0.0559	**0.0519**

Ahora procedemos a calcular el peso de cada una de las métricas de nivel 2 de la métrica de nivel 1 de adaptabilidad ante aumento de órdenes del atributo agilidad. Los resultados obtenidos de la comparación por pares en escala neutrosófica se pueden observar en la tabla 27.

Figura 25.

Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de agilidad 1.

	Experto	AG21	AG22	AG23	AG24	AG25
AG21	1	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]		[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(6,7,8);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(6,7,8);0.80, 0.30, 0.20]	[(6,7,8);0.80, 0.30, 0.20]

	Experto	AG21	AG22	AG23	AG24	AG25
AG22	1	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]
	2		[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]
	3		[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]
AG23	1			[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]
	2			[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]
	3			[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]
AG24	1				[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,2,3);0.70, 0.40, 0.20]
	2				[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	
	3				[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,2,3);0.80, 0.30, 0.20]
AG25	1					[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]
	2				[(1,2,3);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]
	3					[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]

Las matrices de decisión normalizadas y los pesos de cada atributo según la opinión de cada experto se pueden observar en las figuras 31, 32 y 33.

Figura 26.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 1 para el experto 1.

	AG21	AG22	AG23	AG24	AG25	Peso
AG21	0.2113	0.1613	0.3913	0.3448	0.3125	**0.2842**
AG22	0.6338	0.4839	0.3913	0.3448	0.3125	**0.4333**
AG23	0.0704	0.1613	0.1304	0.2069	0.1875	**0.1513**
AG24	0.0423	0.0968	0.0435	0.0690	0.1250	**0.0753**
AG25	0.0423	0.0968	0.0435	0.0345	0.0625	**0.0559**

Figura 27.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 1 para el experto 2.

	AG21	AG22	AG23	AG24	AG25	Peso
AG21	0.4138	0.4706	0.3333	0.4286	0.4000	**0.4093**
AG22	0.2069	0.2353	0.3333	0.2857	0.2000	**0.2522**
AG23	0.2069	0.1176	0.1667	0.1429	0.2000	**0.1668**
AG24	0.0690	0.0588	0.0833	0.0714	0.1000	**0.0765**
AG25	0.1034	0.1176	0.0833	0.0714	0.1000	**0.0952**

Figura 28.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 1 para el experto 3.

	AG21	AG22	AG23	AG24	AG25	Peso
AG21	0.5122	0.6338	0.3913	0.4242	0.3889	**0.4701**
AG22	0.1707	0.2113	0.3913	0.3030	0.2778	**0.2708**
AG23	0.1707	0.0704	0.1304	0.1818	0.1667	**0.1440**
AG24	0.0732	0.0423	0.0435	0.0606	0.1111	**0.0661**
AG25	0.0732	0.0423	0.0435	0.0303	0.0556	**0.0490**

Los valores obtenidos de λ_{max} se pueden observar en la figura 34.

Figura 29.

Valores de λ_{max}.para cada matriz de decisión métricas de agilidad 1.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Amax	5.2655	5.0745	5.1894

Como podemos observar en la figura 35, las tres matrices de decisión son consistentes al tener valores de CR menores a 0.1 por lo cual son aceptables los pesos calculados.

Figura 30.

Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de agilidad 1.

	CI	RI	CR	Consistente
Experto 1	0.0663	1.12	0.0592	**Si**
Experto 2	0.0186	1.12	0.0166	**Si**
Experto 3	0.0473	1.12	0.0422	**Si**

En la figura 36 podemos observar los pesos obtenidos por cada experto para cada una de las métricas que utilizaremos y calculamos el peso promedio para cada una.

Figura 31.

Peso promedio para cada métrica de agilidad 1.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
AG21	0.2842	0.4093	0.4701	**0.3879**
AG22	0.4333	0.2522	0.2708	**0.3188**
AG23	0.1513	0.1668	0.1440	**0.1540**
AG24	0.0753	0.0765	0.0661	**0.0726**
AG25	0.0559	0.0952	0.0490	**0.0667**

Ahora procedemos a calcular el peso de cada una de las métricas de nivel 2 de la métrica de nivel 1 de adaptabilidad ante disminución de órdenes del atributo agilidad. Los resultados obtenidos de la comparación por pares en escala neutrosófica se pueden observar en la figura 37.

Figura 32.

Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de agilidad 2.

	Experto	**AG26**	**AG27**	**AG28**
AG26	1	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]		[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]		[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]		
AG27	1	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]
AG28	1			[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]
	2			[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(1,2,3);0.80, 0.30, 0.20]		[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]

Las matrices de decisión normalizadas y los pesos de cada atributo según la opinión de cada experto se pueden observar en las figuras 38, 39 y 40.

Figura 33.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 2 para el experto 1.

	AG26	AG27	AG28	Peso
AG26	0.2308	0.2174	0.3333	**0.2605**
AG27	0.6923	0.6522	0.5556	**0.6333**
AG28	0.0769	0.1304	0.1111	**0.1062**

Figura 34.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 2 para el experto 2.

	AG26	AG27	AG28	Peso
AG26	0.1818	0.1667	0.2857	**0.2114**
AG27	0.7273	0.6667	0.5714	**0.6551**
AG28	0.0909	0.1667	0.1429	**0.1335**

Figura 35.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de agilidad 2 para el experto 3.

	AG26	AG27	AG28	Peso
AG26	0.1667	0.2000	0.1111	**0.1593**
AG27	0.5000	0.6000	0.6667	**0.5889**
AG28	0.3333	0.2000	0.2222	**0.2519**

Los valores obtenidos de λ_{max} de cada experto se pueden observar en la tabla 38.

Figura 36.

Valores de λ_{max}.para cada matriz de decisión métricas de agilidad 2.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
λmax	3.0387	3.0540	3.0539

Como podemos observar en la figura 42, las tres matrices de decisión son consistentes al tener valores de CR menores a 0.1 por lo cual son aceptables los pesos calculados.

Figura 37.

Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de agilidad 2.

	CI	RI	CR	Consistente
Experto 1	0.0193	0.58	0.0333	**Si**
Experto 2	0.0270	0.58	0.0466	**Si**
Experto 3	0.0269	0.58	0.0464	**Si**

En la figura 43 podemos observar los pesos obtenidos por cada experto para cada una de las métricas que utilizaremos y calculamos el peso promedio para cada una.

Figura 38.

Peso promedio para cada métrica de agilidad 2.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
AG26	0.2605	0.2114	0.1593	**0.2104**
AG27	0.6333	0.6551	0.5889	**0.6258**
AG28	0.1062	0.1335	0.2519	**0.1638**

Ahora procedemos a calcular el peso de cada una de las métricas de nivel 2 de la métrica de nivel 1 de costos de gestión de la cadena de suministro del atributo costos. Los resultados obtenidos de la comparación por pares en escala neutrosófica se pueden observar en la figura 44.

Figura 39.

Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de costos 1.

	Experto	CO21	CO22	CO23	CO24	CO25
CO21	1	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]				[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]				[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]				[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]
CO22	1	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]			[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]			[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(6,7,8);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]	[(9,9,9);0.80, 0.30, 0.20]
CO23	1	[(5,6,7);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(6,7,8);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]		[(5,6,7);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]		[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(6,7,8);0.80, 0.30, 0.20]
CO24	1	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]		[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(6,7,8);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(3,4,5);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(5,6,7);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]			[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]
CO25	1					[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]
	2					[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]
	3					[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]

Las matrices de decisión normalizadas y los pesos de cada atributo según la opinión de cada experto se pueden observar en las figuras 45, 46 y 47.

Figura 40.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 1 para el experto 1.

	CO21	CO22	CO23	CO24	CO25	Peso
CO21	0.0652	0.0350	0.0904	0.0428	0.1304	**0.0728**
CO22	0.1957	0.1049	0.1085	0.0713	0.2174	**0.1395**
CO23	0.3913	0.5245	0.5426	0.6415	0.3043	**0.4809**
CO24	0.3261	0.3147	0.1809	0.2138	0.3043	**0.2680**
CO25	0.0217	0.0210	0.0775	0.0305	0.0435	**0.0389**

Figura 41.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 1 para el experto 2.

	CO21	CO22	CO23	CO24	CO25	Peso
CO21	0.0870	0.0741	0.0633	0.1095	0.1176	**0.0903**
CO22	0.1739	0.1481	0.1266	0.1460	0.2353	**0.1660**
CO23	0.3478	0.2963	0.2532	0.2190	0.2941	**0.2821**
CO24	0.3478	0.4444	0.5063	0.4380	0.2941	**0.4061**
CO25	0.0435	0.0370	0.0506	0.0876	0.0588	**0.0555**

Figura 42.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 1 para el experto 3.

	CO21	CO22	CO23	CO24	CO25	Peso
CO21	0.0612	0.0799	0.0428	0.0350	0.1200	**0.0678**
CO22	0.4286	0.5595	0.6415	0.5245	0.3600	**0.5028**
CO23	0.3061	0.1865	0.2138	0.3147	0.2800	**0.2602**
CO24	0.1837	0.1119	0.0713	0.1049	0.2000	**0.1344**
CO25	0.0204	0.0622	0.0305	0.0210	0.0400	**0.0348**

Los valores obtenidos de λ_{max} de cada experto se pueden observar en la figura 48.

Figura 43.

Valores de λ_{max}.para cada matriz de decisión métricas de costos 1.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
λmax	5.3180	5.1069	5.2426

Como podemos observar en la figura 49, las tres matrices de decisión son consistentes al tener valores de CR menores a 0.1 por lo cual son aceptables los pesos calculados.

Figura 44.

Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de costos 1.

	CI	RI	CR	Consistente
Experto 1	0.0795	1.12	0.0709	**Si**
Experto 2	0.0267	1.12	0.0238	**Si**
Experto 3	0.0606	1.12	0.0541	**Si**

En la figura 50 podemos observar los pesos obtenidos por cada experto para cada una de las métricas que utilizaremos y calculamos el peso promedio para cada una.

Figura 45.

Peso promedio para cada métrica de costos 1.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
CO21	0.0728	0.0903	0.0678	**0.0769**
CO22	0.1395	0.1660	0.5028	**0.2695**
CO23	0.4809	0.2821	0.2602	**0.3411**
CO24	0.2680	0.4061	0.1344	**0.2695**
CO25	0.0389	0.0555	0.0348	**0.0431**

Ahora procedemos a calcular el peso de cada una de las métricas de nivel 2 de la métrica de nivel 1 de costo de los bienes del atributo costos. Los resultados obtenidos de la comparación por pares en escala neutrosófica se pueden observar en la figura 51.

Figura 46.

Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de costos 2.

	Experto	CO27	CO28	CO29
CO27	1	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]		[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]		[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]
CO28	1	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]
	2		[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]

	3	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(6,7,8);0.80, 0.30, 0.20]
CO29	1			[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]
	2			[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]
	3			[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]

Las matrices de decisión normalizadas y los pesos de cada atributo según la opinión de cada experto se pueden observar en las figuras 52, 53 y 54.

Figura 47.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 2 para el experto 1.

	CO27	**CO28**	**CO29**	**Peso**
CO27	0.2308	0.2174	0.3333	**0.2605**
CO28	0.6923	0.6522	0.5556	**0.6333**
CO29	0.0769	0.1304	0.1111	**0.1062**

Figura 48.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 2 para el experto 2.

	CO27	**CO28**	**CO29**	**Peso**
CO27	0.5714	0.5714	0.5714	**0.5714**
CO28	0.2857	0.2857	0.2857	**0.2857**
CO29	0.1429	0.1429	0.1429	**0.1429**

Figura 49.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de costos 2 para el experto 3.

	CO27	CO28	CO29	Peso
CO27	0.2381	0.2258	0.3846	**0.2828**
CO28	0.7143	0.6774	0.5385	**0.6434**
CO29	0.0476	0.0968	0.0769	**0.0738**

Los valores obtenidos de λ_{max} de cada experto se pueden observar en la figura 55.

Figura 50.

Valores de λ_{max}.para cada matriz de decisión métricas de costos 2.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
λmax	3.0387	3	3.0655

Como podemos observar en la figura 56, las tres matrices de decisión son consistentes al tener valores de CR menores a 0.1 por lo cual son aceptables los pesos calculados.

Figura 51.

Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de costos 2.

	CI	RI	CR	Consistente
Experto 1	0.0193	0.58	0.0333	**Si**
Experto 2	0	0.58	0	**Si**
Experto 3	0.0327	0.58	0.0564	**Si**

En la figura 57 podemos observar los pesos obtenidos por cada experto para cada una de las métricas que utilizaremos y calculamos el peso promedio para cada una.

Figura 52.

Peso promedio para cada métrica de costos 2.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
CO27	0.2605	0.5714	0.2828	**0.3716**
CO28	0.6333	0.2857	0.6434	**0.5208**
CO29	0.1062	0.1429	0.0738	**0.1076**

Ahora procedemos a calcular el peso de cada una de las métricas de nivel 2 de la métrica de nivel 1 de tiempo de ciclo del efectivo del atributo activos. Los resultados obtenidos de la comparación por pares en escala neutrosófica se pueden observar en la figura 58.

Figura 53.

Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de activos 1.

	Experto	AM21	AM22	AM23
AM21	1	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]		[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]		[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]		
AM22	1	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(6,7,8);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]
AM23	1			[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]
	2			[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]		[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]

Las matrices de decisión normalizadas y los pesos de cada atributo según la opinión de cada experto se pueden observar en las figuras 59, 60 y 61.

Figura 54.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 1 para el experto 1.

	AM21	AM22	AM23	Peso
AM21	0.2308	0.2174	0.3333	**0.2605**
AM22	0.6923	0.6522	0.5556	**0.6333**
AM23	0.0769	0.1304	0.1111	**0.1062**

Figura 55.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 1 para el experto 2.

	AM21	AM22	AM23	Peso
AM21	0.1818	0.1765	0.2222	**0.1935**
AM22	0.7273	0.7059	0.6667	**0.6999**
AM23	0.0909	0.1176	0.1111	**0.1066**

Figura 56.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 1 para el experto 3.

	AM21	AM22	AM23	Peso
AM21	0.1111	0.1304	0.0769	**0.1062**
AM22	0.5556	0.6522	0.6923	**0.6333**
AM23	0.3333	0.2174	0.2308	**0.2605**

Los valores obtenidos de λ_{max} de cada experto se pueden observar en la figura 62.

Figura 57.

Valores de λ_{max}.para cada matriz de decisión métricas de activos 1.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
λmax	3.0387	3.0092	3.0387

Como podemos observar en la figura 63, las tres matrices de decisión son consistentes al tener valores de CR menores a 0.1 por lo cual son aceptables los pesos calculados.

Figura 58.

Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de activos 1.

	CI	RI	CR	Consistente
Experto 1	0.0193	0.58	0.0333	**Si**
Experto 2	0.0046	0.58	0.0079	**Si**
Experto 3	0.0193	0.58	0.0333	**Si**

En la figura 64 podemos observar los pesos obtenidos por cada experto para cada una de las métricas que utilizaremos y calculamos el peso promedio para cada una.

Figura 59.

Peso promedio para cada métrica de activos 1.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
AM21	0.2605	0.1935	0.1062	**0.1867**
AM22	0.6333	0.6999	0.6333	**0.6555**
AM23	0.1062	0.1066	0.2605	**0.1577**

Ahora procedemos a calcular el peso de cada una de las métricas de nivel 2 de la métrica de nivel 1 de retorno de activos y capital de trabajo del atributo activos. Los resultados obtenidos de la comparación por pares en escala neutrosófica se pueden observar en la figura 65.

Figura 60.

Resultados obtenidos de la comparación por pares para las métricas de activos 2.

	Experto	AM24	AM25	AM26	AM27	AM28
AM24	1	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(3,4,5);0.70, 0.40, 0.20]	[(6,7,8);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]
	2	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,2,3);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]	[(3,4,5);0.80, 0.30, 0.20]	
AM25	1		[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	
	2		[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	
	3		[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,2,3);0.80, 0.30, 0.20]	
AM26	1			[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]		
	2			[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]		
	3			[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]		
AM27	1			[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]	
	2			[(1,2,3);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]	
	3			[(1,2,3);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]	
AM28	1		[(2,3,4);0.70, 0.40, 0.20]	[(5,6,7);0.70, 0.40, 0.20]	[(4,5,6);0.70, 0.40, 0.20]	[(1,1,1);0.70, 0.40, 0.20]
	2		[(2,3,4);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(4,5,6);0.50, 0.50, 0.50]	[(1,1,1);0.50, 0.50, 0.50]
	3	[(1,2,3);0.80, 0.30, 0.20]	[(2,3,4);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]	[(4,5,6);0.80, 0.30, 0.20]	[(1,1,1);0.80, 0.30, 0.20]

Las matrices de decisión normalizadas y los pesos de cada atributo según la opinión de cada experto se pueden observar en las figuras 66, 67 y 68.

Figura 61.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 2 para el experto 1.

	AM24	AM25	AM26	AM27	AM28	Peso
AM24	0.5192	0.4688	0.3182	0.3488	0.6383	**0.4586**
AM25	0.1298	0.1172	0.2273	0.2093	0.0709	**0.1509**
AM26	0.0742	0.0234	0.0455	0.0233	0.0355	**0.0404**
AM27	0.1038	0.0391	0.1364	0.0698	0.0426	**0.0783**
AM28	0.1731	0.3516	0.2727	0.3488	0.2128	**0.2718**

Figura 62.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 2 para el experto 2.

	AM24	AM25	AM26	AM27	AM28	Peso
AM24	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	**0.3333**
AM25	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667	**0.1667**
AM26	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	**0.0833**
AM27	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	**0.0833**
AM28	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	**0.3333**

Figura 63.

Matriz de decisión normalizada y peso de métricas de activos 2 para el experto 3.

	AM24	AM25	AM26	AM27	AM28	Peso
AM24	0.2643	0.3830	0.3125	0.3200	0.2239	**0.3007**
AM25	0.0881	0.1277	0.1875	0.1600	0.1493	**0.1425**
AM26	0.0529	0.0426	0.0625	0.0400	0.0896	**0.0575**
AM27	0.0661	0.0638	0.1250	0.0800	0.0896	**0.0849**
AM28	0.5286	0.3830	0.3125	0.4000	0.4478	**0.4144**

Los valores obtenidos de λ_{max} de cada experto se pueden observar en la figura 69.

Figura 64.

Valores de λ_{max}.para cada matriz de decisión métricas de activos 2.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3
λmax	5.3143	5	5.1158

Como podemos observar en la figura 70, las tres matrices de decisión son consistentes al tener valores de CR menores a 0.1 por lo cual son aceptables los pesos calculados.

Figura 65.

Evaluación de la consistencia de las matrices de decisión de métricas de activos 2.

	CI	RI	CR	Consistente
Experto 1	0.0785	1.12	0.0701	**Si**
Experto 2	0	1.12	0	**Si**
Experto 3	0.0289	1.12	0.0258	**Si**

En la figura 71 podemos observar los pesos obtenidos por cada experto para cada una de las métricas que utilizaremos y calculamos el peso promedio para cada una.

Figura 66.

Peso promedio para cada métrica de activos 2.

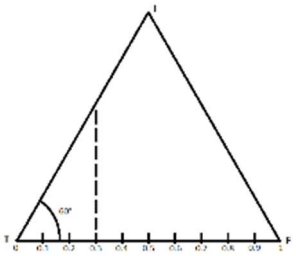
	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
AM24	0.4586	0.3333	0.3007	**0.3642**
AM25	0.1509	0.1667	0.1425	**0.1534**
AM26	0.0404	0.0833	0.0575	**0.0604**
AM27	0.0783	0.0833	0.0849	**0.0822**
AM28	0.2718	0.3333	0.4144	**0.3398**

6.6. Estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo

La presente metodología propone obtener de los expertos los valores estimados de probabilidad de cada riesgo y luego, haciendo uso de la teoría neutrosófica (F Smarandache, 1999), incluir un valor de incertidumbre de acuerdo a la información recogida. Para esto proponemos el uso de un triángulo neutrosófico de incertidumbre como el que se puede observar en la figura 4, en el cual afirmamos que entre más alejado se encuentra un grado de verdad de los valores absolutos, 0 y 1, mayor será la incertidumbre presente en su función de pertenencia.

Figura 67.

Triángulo neutrosófico de incertidumbre.



Dado una probabilidad de ocurrencia de un riesgo T_i podemos calcular los grados de falsedad F_i e incertidumbre I_i con las ecuaciones 6, 7 y 8.

$$F_i = 1 - T_i \quad (6)$$

$$I_i = \frac{T_i}{\cos 60°} \; para \; T_i \; \leq 0.5 \quad (7)$$

$$I_i = \frac{1 - T_i}{\cos 60°} \; para \; T_i \; > 0.5 \quad (8)$$

Una vez calculados los valores de T_i, I_i, F_i los normalizamos y luego calculamos la media neutrósofica (Florentin Smarandache, 2014) para cada riesgo. La figura 73 muestra los valores obtenidos de los expertos de probabilidad de ocurrencia de cada riesgo y su equivalente neutrosófico normalizado. Ahora para desneutrosoficar la probabilidad de riesgo obtenida por la media neutrosófica, proponemos que un porcentaje del valor de la incertidumbre tiene una probabilidad k de convertirse en cierto. Para nuestro caso vamos a utilizar un valor de k de 0.46 y convertiremos a números nítidos la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo utilizando la ecuación 9. La figura 74 muestra la media neutrosófica y la probabilidad estimada en valor nítido.

$$P_i = T_i + k \cdot I_i \quad (9)$$

Figura 68.

Valores neutrosóficos normalizados de la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo.

Riesgo	Experto 1				Experto 2				Experto 3			
	Respuesta	Número Neut.			Respuesta	Número Neut.			Respuesta	Número Neut.		
	P	T	I	F	P	T	I	F	P	T	I	F
R1	0.2	0.14	0.29	0.57	0.35	0.21	0.41	0.38	0.3	0.19	0.38	0.44
R2	0.35	0.21	0.41	0.38	0.3	0.19	0.38	0.44	0.25	0.17	0.33	0.50
R3	0.3	0.19	0.38	0.44	0.3	0.19	0.38	0.44	0.2	0.14	0.29	0.57
R4	0.15	0.12	0.23	0.65	0.1	0.08	0.17	0.75	0.15	0.12	0.23	0.65
R5	0.2	0.14	0.29	0.57	0.15	0.12	0.23	0.65	0.2	0.14	0.29	0.57
R6	0.2	0.14	0.29	0.57	0.3	0.19	0.38	0.44	0.25	0.17	0.33	0.50
R7	0.05	0.05	0.09	0.86	0.01	0.01	0.02	0.97	0.02	0.02	0.04	0.94
R8	0.2	0.14	0.29	0.57	0.25	0.17	0.33	0.50	0.2	0.14	0.29	0.57
R9	0.2	0.14	0.29	0.57	0.3	0.19	0.38	0.44	0.25	0.17	0.33	0.50
R10	0.2	0.14	0.29	0.57	0.25	0.17	0.33	0.50	0.15	0.12	0.23	0.65
R11	0.3	0.19	0.38	0.44	0.25	0.17	0.33	0.50	0.2	0.14	0.29	0.57
R12	0.1	0.08	0.17	0.75	0.15	0.12	0.23	0.65	0.1	0.08	0.17	0.75

Figura 69.

Media neutrosófica y valores nítidos de la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo.

Riesgo	Media Neutrosófica			Probabilidad Estimada
	T	I	F	
R1	0.18	0.36	0.46	**0.34**
R2	0.19	0.37	0.44	**0.36**
R3	0.17	0.35	0.48	**0.33**
R4	0.10	0.21	0.69	**0.20**
R5	0.13	0.27	0.60	**0.26**
R6	0.17	0.33	0.50	**0.32**
R7	0.02	0.05	0.93	**0.05**
R8	0.15	0.30	0.55	**0.29**
R9	0.17	0.33	0.50	**0.32**
R10	0.14	0.28	0.58	**0.27**
R11	0.17	0.33	0.50	**0.32**
R12	0.09	0.19	0.72	**0.18**

6.7. TOPSIS neutrosófico para estimación del impacto esperado de los riesgos

La presente metodología propone solicitar la opinión de los tomadores de decisión sobre el impacto esperado, en términos lingüísticos, de un riesgo sobre cada una de las métricas de desempeño de nivel 2. Para esto, haremos uso de la tabla de conversión de valores lingüísticos a escala neutrosófica triangular propuesta por (Abdel-Basset & Mohamed, 2020), la cual podemos observar en la figura 75. Los valores de impacto de cada uno de los riesgos sobre las métricas obtenidos de los expertos los podemos ver en las figuras 76, 77 y 78.

Figura 70.

Escala neutrosófica triangular para variables lingüísticas.

Variable lingüística de importancia	**Escala neutrosófica triangular**	**Clasificación lingüística**
Importancia muy débil	((0.10, 0.30, 0.35), 0.1, 0.2, 0.15)	Nada (N)
Importancia débil	((0.15, 0.25, 0.10), 0.6, 0.2, 0.3)	Muy baja (MB)
Importancia parcial	((0.40, 0.35, 0.50), 0.6, 0.1, 0.2)	Baja (B)
Importancia media	((0.65, 0.60, 0.70), 0.8, 0.1, 0.1)	Media (M)
Importancia fuerte	((0.70, 0.65, 0.80), 0.9, 0.2, 0.1)	Alta (A)
Importancia muy fuerte	((0.90, 0.85, 0.90), 0.7, 0.2, 0.2)	Muy alta (MA)
Importancia absoluta	((0.95, 0.90, 0.95), 0.9, 0.1, 0.1)	Absoluta (AB)

Nota: Adaptado de Abdel-Basset & Mohamed (2020).

Luego, calculamos la media neutrosófica de los valores obtenidos de los expertos por medio de la ecuación 10 y el resultado lo podemos ver en la tabla 75.

$$\overline{R_{ij}} = \left[\frac{(a1+b1+c1, a2+b2+c2, a3+b3+c3)}{3};\ \alpha_a \cap \alpha_b \cap \alpha_c, \theta_a \cup \theta_b \cup \theta_c, \beta_a \cup \beta_b \cup \beta_c\right] \quad (10)$$

El siguiente paso consiste en convertir los valores de la tabla 75 a números nítidos haciendo uso de la ecuación 11. Luego, la matriz de decisión se debe normalizar utilizando la ecuación 12. El resultado lo podemos observar en las tablas 76 y 77.

$$Impact_{ij} = \frac{1}{8}(a+b+c) * (2+\alpha-\theta-\beta) \quad (11)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum x_{.j}^2}} \ where\ x_{.j}\ are\ all\ elements\ in\ column\ j \quad (12)$$

Figura 71.

Respuestas del experto 1 sobre el impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño.

	RL				**RS**					**AG**								**CO**								**AM**							
	21	**22**	**23**	**24**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**27**	**28**	**29**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
R1	A	MA	MB	B	MB	B	B	A	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	M	M	B	A	M	MA	M	A	B	B	B	MA
R2	B	MA	MB	B	MB	MB	MA	B	MB	B	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	M	M	B	A	B	B	M	M
R3	A	MA	MB	B	MA	A	M	MB	MB	M	B	B	B	B	B	B	B	M	M	M	M	B	M	M	M	B	A	B	A	B	B	B	A
R4	B	B	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	M	B	B	B	A
R5	M	A	MB	B	B	A	M	B	B	A	MA	A	A	A	A	MA	A	A	B	M	B	B	M	B	M	B	M	B	M	B	B	B	M
R6	A	MA	MB	M	M	M	A	M	MB	M	M	M	M	M	M	M	M	A	M	M	M	B	B	B	M	B	MA	B	A	B	B	B	MA
R7	A	A	M	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	M	M	A	A	A	A	A	A	M	A	A	A
R8	M	M	A	B	M	M	M	B	B	M	M	A	M	M	M	M	M	A	B	M	M	B	B	B	M	M	M	B	B	B	B	B	M
R9	A	A	MA	MB	M	B	M	B	MB	M	M	M	M	M	M	M	M	A	M	M	M	M	B	M	M	M	A	M	M	B	B	B	M
R10	M	MB	N	MB	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	M	B	B	M	MA	A	M	M	B	MA	M	B	M	B	A	B	M	B	M
R11	A	A	A	B	A	M	A	M	B	A	A	A	A	M	A	A	A	A	M	M	M	M	B	M	M	M	M	M	M	B	M	M	M
R12	N	N	M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	MB	N	N	N	N	MB	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Figura 72.

Respuestas del experto 2 sobre el impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño.

	RL				**RS**					**AG**								**CO**								**AM**							
	21	**22**	**23**	**24**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**27**	**28**	**29**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
R1	MA	A	MB	B	MB	B	MB	A	MB	B	B	MB	B	B	MB	B	B	A	MA	A	A	M	M	B	A	M	MA	M	A	B	MB	B	MA
R2	B	MA	MB	B	B	B	MA	B	MB	B	B	M	B	MB	B	B	MB	B	B	B	M	B	B	MB	B	M	M	B	A	B	B	M	M
R3	MA	MA	MB	B	MA	A	M	MB	B	M	B	B	MB	B	B	MB	B	M	M	B	M	B	M	M	M	B	A	B	A	B	MB	B	A
R4	B	MB	MB	MB	B	B	B	MB	B	B	B	B	MB	B	B	B	B	M	B	B	MB	B	B	B	B	B	A	B	M	B	B	B	A
R5	M	A	MB	B	MB	A	M	B	B	A	MA	A	MA	A	A	MA	A	A	MB	M	B	B	M	B	M	B	M	B	M	B	MB	B	M
R6	MA	MA	MB	M	M	M	A	M	MB	M	M	M	M	B	M	M	M	A	M	M	M	B	MB	B	M	B	MA	B	A	MB	B	B	MA
R7	A	MA	M	A	A	MA	A	A	A	A	A	MA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	M	M	A	A	A	MA	A	A	M	A	A	A
R8	M	B	A	B	M	M	B	B	B	M	M	A	M	M	B	M	M	A	B	M	M	B	M	B	M	M	M	B	B	B	B	B	M
R9	A	A	MA	B	M	B	M	B	MB	M	M	M	B	M	M	M	M	A	M	M	B	M	B	M	M	M	A	M	M	B	B	B	M
R10	M	B	N	MB	B	B	B	MB	B	M	B	B	B	B	M	B	B	M	MA	A	M	M	B	MA	M	B	M	B	A	B	M	B	M
R11	A	MA	A	B	A	M	A	M	B	A	MA	A	A	M	A	A	MA	A	M	M	M	M	B	M	M	M	M	B	M	B	M	M	M
R12	N	N	M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Figura 73.

Respuestas del experto 3 sobre el impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño.

	RL				**RS**					**AG**								**CO**								**AM**							
	21	**22**	**23**	**24**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**27**	**28**	**29**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
R1	MA	A	MB	B	MB	B	MB	A	MB	B	M	MB	B	B	MB	MB	B	A	MA	A	A	M	M	B	MA	M	MA	M	A	B	MB	B	MA
R2	B	A	B	MB	B	B	MA	B	MB	B	B	M	B	MB	B	B	MB	B	B	B	M	MB	B	MB	B	M	M	B	MA	B	B	M	M
R3	MA	A	MB	B	MA	A	M	MB	B	M	B	B	B	B	MB	MB	B	M	M	MB	M	B	M	M	M	B	MA	B	A	MB	B	B	A
R4	B	MB	MB	MB	B	B	B	MB	MB	B	B	B	MB	B	B	B	MB	M	B	B	MB	B	B	B	B	MB	A	MB	M	B	B	MB	MA
R5	M	A	B	B	MB	A	M	B	B	A	MA	A	MA	A	A	MA	A	A	MB	M	B	MB	M	MB	M	B	M	B	M	B	MB	B	M
R6	A	MA	MB	M	M	M	A	M	MB	M	M	M	M	B	M	M	M	A	M	M	M	B	MB	B	M	B	MA	B	A	MB	B	B	MA
R7	A	MA	M	A	A	MA	MA	A	A	A	A	MA	A	MA	A	A	A	MA	A	A	A	M	M	A	A	A	MA	A	A	M	A	A	A
R8	M	B	A	B	M	M	B	B	B	M	M	A	M	M	B	M	M	A	B	M	M	B	M	B	M	M	M	B	B	B	B	B	M
R9	A	A	MA	B	M	B	M	B	MB	B	M	M	B	M	M	B	M	A	M	M	B	M	B	M	M	M	A	M	M	B	B	MB	M
R10	M	B	N	MB	B	B	B	MB	B	M	B	B	B	B	M	B	B	M	MA	A	M	M	MB	MA	M	B	M	B	A	B	M	B	M
R11	A	A	A	B	MA	M	A	M	B	A	MA	MA	A	M	A	A	MA	A	M	M	M	M	B	M	M	M	M	B	M	B	M	M	M
R12	N	N	M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Figura 74.

Media neutrosófica del impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño.

	RL21						RL22						RL23						RL24						RS21					
	a1	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**
R1	0.58	0.58	0.60	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.23	0.28	0.23	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30
R2	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.23	0.28	0.23	0.60	0.20	0.30	0.23	0.28	0.23	0.60	0.20	0.30	0.40	0.45	0.37	0.60	0.20	0.30
R3	0.58	0.58	0.60	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.67	0.62	0.73	0.60	0.20	0.20	0.75	0.70	0.80	0.70	0.20	0.20
R4	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.23	0.28	0.23	0.60	0.20	0.30	0.23	0.28	0.23	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R5	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20
R6	0.58	0.58	0.60	0.60	0.20	0.30	0.57	0.57	0.57	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10
R7	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10
R8	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10
R9	0.77	0.72	0.83	0.70	0.20	0.20	0.58	0.58	0.60	0.60	0.20	0.30	0.57	0.57	0.57	0.60	0.20	0.30	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
R10	0.30	0.38	0.38	0.10	0.20	0.30	0.13	0.27	0.18	0.10	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R11	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.60	0.55	0.70	0.60	0.20	0.20	0.60	0.55	0.70	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10
R12	0.28	0.40	0.47	0.10	0.20	0.15	0.28	0.40	0.47	0.10	0.20	0.15	0.28	0.40	0.47	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15

Figura 79.

Media neutrosófica del impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño (continuación).

	RS22						RS23						RS24						RS25						AG21					
	a1	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**
R1	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R2	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
R3	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30	0.32	0.37	0.30	0.60	0.20	0.30	0.32	0.37	0.30	0.60	0.20	0.30	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
R4	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R5	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.67	0.62	0.73	0.60	0.20	0.20	0.77	0.72	0.83	0.70	0.20	0.20
R6	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10
R7	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10
R8	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10
R9	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10
R10	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
R11	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.60	0.55	0.70	0.60	0.20	0.20	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10
R12	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15

Figura 79.

Media neutrosófica del impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño (continuación).

	AG22						AG23						AG24						AG25						AG26					
	a1	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**
R1	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R2	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R3	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R4	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R5	0.77	0.72	0.83	0.70	0.20	0.20	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.77	0.72	0.83	0.70	0.20	0.20	0.77	0.72	0.83	0.70	0.20	0.20
R6	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10
R7	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10
R8	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10
R9	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10
R10	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
R11	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10
R12	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15

Figura 79.

Media neutrosófica del impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño (continuación).

	AG27						AG28						CO21						CO22						CO23					
	a1	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**
R1	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.60	0.55	0.70	0.60	0.20	0.20	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10
R2	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
R3	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
R4	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R5	0.77	0.72	0.83	0.70	0.20	0.20	0.60	0.55	0.70	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
R6	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
R7	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10
R8	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
R9	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10
R10	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.65	0.60	0.70	0.60	0.20	0.20	0.75	0.70	0.80	0.70	0.20	0.20	0.75	0.70	0.80	0.70	0.20	0.20	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10
R11	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10
R12	0.12	0.28	0.27	0.10	0.20	0.30	0.12	0.28	0.27	0.10	0.20	0.30	0.12	0.28	0.27	0.10	0.20	0.30	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15

Figura 79.

Media neutrosófica del impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño (continuación).

	CO24						CO25						CO27						CO28						CO29					
	a1	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**
R1	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.75	0.70	0.80	0.70	0.20	0.20
R2	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
R3	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20
R4	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20
R5	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
R6	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.65	0.60	0.70	0.60	0.20	0.20
R7	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10
R8	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10
R9	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10
R10	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.65	0.60	0.70	0.60	0.20	0.20	0.65	0.60	0.70	0.60	0.20	0.20	0.65	0.60	0.70	0.60	0.20	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
R11	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10
R12	0.12	0.28	0.27	0.10	0.20	0.30	0.12	0.28	0.27	0.10	0.20	0.30	0.12	0.28	0.27	0.10	0.20	0.30	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15

Figura 79.

Media neutrosófica del impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño (continuación).

	AM21						AM22						AM23						AM24						AM25					
	a1	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**
R1	0.73	0.68	0.77	0.70	0.20	0.20	0.75	0.70	0.80	0.70	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R2	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
R3	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.60	0.55	0.70	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R4	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R5	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R6	0.57	0.52	0.63	0.60	0.20	0.20	0.67	0.62	0.73	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R7	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10
R8	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R9	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
R10	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
R11	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
R12	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15

Figura 79.

Media neutrosófica del impacto de un riesgo en cada una de las métricas de desempeño (continuación).

	AM26						AM27						AM28					
	a1	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**
R1	0.57	0.52	0.63	0.60	0.20	0.20	0.73	0.68	0.77	0.60	0.20	0.20	0.83	0.78	0.87	0.70	0.20	0.20
R2	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.65	0.60	0.70	0.60	0.20	0.20
R3	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.67	0.62	0.73	0.60	0.20	0.20	0.83	0.78	0.87	0.70	0.20	0.20
R4	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30
R5	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10
R6	0.57	0.52	0.63	0.60	0.20	0.20	0.73	0.68	0.77	0.60	0.20	0.20	0.90	0.85	0.90	0.70	0.20	0.20
R7	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.77	0.72	0.83	0.70	0.20	0.20
R8	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
R9	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10
R10	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
R11	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.75	0.70	0.80	0.70	0.20	0.20
R12	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.35	0.10	0.20	0.15

Figura 75.

Matriz de decisión para impacto de los riesgos desneutrosoficada.

	RL				RS					AG								CO								AM							
	21	**22**	**23**	**24**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**27**	**28**	**29**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
R1	0.46	0.39	0.20	0.26	0.26	0.43	0.34	0.34	0.26	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.43	0.51	0.70	0.70	0.65	0.63	0.49	0.49	0.49	0.65	0.63	0.65	0.49	0.43	0.36	0.47	0.60	0.71
R2	0.39	0.39	0.20	0.20	0.32	0.39	0.39	0.26	0.26	0.43	0.43	0.43	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.43	0.43	0.43	0.36	0.36	0.43	0.49	0.49	0.49	0.43	0.43	0.43	0.49	0.49	0.54
R3	0.46	0.39	0.39	0.55	0.65	0.40	0.26	0.26	0.32	0.43	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.43	0.49	0.63	0.63	0.49	0.49	0.49	0.63	0.49	0.49	0.43	0.51	0.43	0.43	0.36	0.43	0.55	0.71
R4	0.26	0.20	0.20	0.26	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.43	0.43	0.43	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.43	0.43	0.49	0.43	0.43	0.36	0.43	0.43	0.34
R5	0.40	0.34	0.26	0.43	0.49	0.49	0.43	0.43	0.55	0.67	0.67	0.70	0.70	0.67	0.67	0.67	0.51	0.49	0.43	0.43	0.43	0.43	0.49	0.43	0.49	0.43	0.49	0.43	0.43	0.36	0.43	0.49	0.63
R6	0.46	0.45	0.39	0.63	0.63	0.63	0.40	0.39	0.39	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.49	0.43	0.36	0.43	0.43	0.54	0.47	0.55	0.43	0.43	0.36	0.47	0.60	0.76
R7	0.65	0.65	0.65	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.65	0.63	0.63	0.65	0.70	0.70	0.70	0.70	0.65	0.65	0.65	0.70	0.70	0.67
R8	0.63	0.49	0.49	0.49	0.63	0.49	0.43	0.43	0.49	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.49	0.49	0.49	0.49	0.43	0.36	0.43	0.49	0.63	0.49	0.43	0.36	0.36	0.36	0.43	0.49	0.49
R9	0.67	0.46	0.45	0.32	0.49	0.43	0.32	0.32	0.39	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.49	0.49	0.49	0.63	0.63	0.63	0.63	0.49	0.43	0.36	0.43	0.49	0.65
R10	0.21	0.12	0.17	0.26	0.36	0.36	0.36	0.43	0.43	0.43	0.36	0.36	0.43	0.43	0.43	0.43	0.54	0.65	0.65	0.63	0.49	0.54	0.54	0.54	0.49	0.43	0.49	0.43	0.49	0.43	0.49	0.49	0.49
R11	0.70	0.51	0.51	0.49	0.65	0.63	0.49	0.49	0.51	0.70	0.70	0.65	0.65	0.65	0.70	0.70	0.65	0.63	0.63	0.63	0.49	0.49	0.49	0.63	0.63	0.63	0.63	0.49	0.49	0.49	0.63	0.63	0.65
R12	0.25	0.25	0.25	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.13	0.13	0.13	0.16	0.16	0.13	0.13	0.13	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16

Figura 76.

Matriz de decisión para impacto de los riesgos desneutrosoficada normalizada.

	RL				RS					AG								CO								AM							
	21	**22**	**23**	**24**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**27**	**28**	**29**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
R1	0.27	0.27	0.15	0.18	0.15	0.26	0.24	0.25	0.18	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.23	0.28	0.36	0.36	0.36	0.39	0.32	0.30	0.28	0.34	0.35	0.35	0.32	0.28	0.26	0.28	0.33	0.35
R2	0.23	0.27	0.15	0.13	0.18	0.23	0.27	0.19	0.18	0.23	0.23	0.23	0.20	0.20	0.20	0.19	0.20	0.18	0.22	0.23	0.26	0.23	0.22	0.25	0.26	0.28	0.26	0.28	0.28	0.30	0.30	0.27	0.26
R3	0.27	0.27	0.30	0.37	0.37	0.24	0.18	0.19	0.22	0.23	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.23	0.27	0.33	0.33	0.27	0.30	0.32	0.38	0.28	0.26	0.24	0.27	0.28	0.28	0.26	0.26	0.30	0.35
R4	0.15	0.14	0.15	0.18	0.21	0.22	0.26	0.26	0.24	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.23	0.23	0.22	0.19	0.20	0.22	0.23	0.22	0.21	0.23	0.24	0.26	0.28	0.28	0.26	0.26	0.23	0.17
R5	0.24	0.24	0.20	0.28	0.28	0.30	0.30	0.31	0.38	0.36	0.36	0.38	0.38	0.37	0.36	0.36	0.28	0.25	0.22	0.23	0.26	0.28	0.30	0.25	0.26	0.24	0.27	0.28	0.28	0.26	0.26	0.27	0.31
R6	0.27	0.31	0.30	0.42	0.36	0.38	0.29	0.28	0.26	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34	0.35	0.32	0.33	0.27	0.26	0.23	0.26	0.25	0.28	0.27	0.30	0.28	0.28	0.26	0.28	0.33	0.37
R7	0.38	0.46	0.50	0.47	0.40	0.42	0.50	0.50	0.47	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.38	0.37	0.38	0.36	0.36	0.36	0.39	0.41	0.39	0.40	0.37	0.39	0.38	0.42	0.43	0.46	0.42	0.38	0.32
R8	0.37	0.35	0.38	0.33	0.36	0.30	0.30	0.31	0.33	0.34	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34	0.27	0.25	0.25	0.27	0.26	0.23	0.26	0.28	0.34	0.28	0.23	0.23	0.24	0.26	0.26	0.27	0.24
R9	0.39	0.33	0.34	0.22	0.28	0.26	0.23	0.23	0.26	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34	0.35	0.32	0.33	0.35	0.30	0.32	0.30	0.37	0.33	0.36	0.34	0.32	0.28	0.26	0.26	0.27	0.32
R10	0.13	0.08	0.13	0.18	0.21	0.22	0.26	0.31	0.29	0.23	0.20	0.20	0.23	0.24	0.23	0.23	0.29	0.33	0.33	0.35	0.30	0.35	0.32	0.31	0.26	0.24	0.26	0.28	0.32	0.30	0.30	0.27	0.24
R11	0.41	0.36	0.39	0.33	0.37	0.38	0.35	0.35	0.34	0.38	0.38	0.36	0.36	0.36	0.38	0.37	0.36	0.32	0.33	0.35	0.30	0.32	0.30	0.37	0.34	0.36	0.34	0.32	0.32	0.35	0.38	0.34	0.32
R12	0.15	0.18	0.19	0.11	0.09	0.10	0.12	0.12	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.11	0.12	0.10	0.09	0.08

El siguiente paso es multiplicar la matriz de decisión normalizada por el respectivo peso de cada atributo calculado con la técnica AHP neutrosófica. Luego se debe seleccionar el ideal best (V_j^+) y el ideal worst (V_j^-) para cada atributo utilizando las ecuaciones 13 y 14.

$$V_j^+ = \max\left(r_{.j}\right) \quad (13)$$

$$V_j^- = \min\left(r_{.j}\right) \quad (14)$$

Luego se debe calcular la distancia euclidiana de cada valor de desempeño con respecto a su ideal best (S_i^+) y a su ideal worst (S_i^-) utilizando las ecuaciones 15 y 16.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_j \left(r_{ij} - V_j^+\right)^2} \quad (15)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_j \left(r_{ij} - V_j^-\right)^2} \quad (16)$$

Finalmente, utilizando la ecuación 17, se calcula cada performance score (PS_i) que se utilizará como estimador del impacto esperado de cada riesgo sobre la cadena de suministro. El resultado se puede observar en las tablas 78 y 79.

$$PS_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (17)$$

Figura 77.

Matriz de decisión para impacto de los riesgos pesada con los valores de V^+ y V^-.

	RL				**RS**					**AG**								**CO**								**AM**							
	21	**22**	**23**	**24**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**27**	**28**	**29**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
R1	0.016	0.007	0.002	0.018	0.009	0.014	0.013	0.004	0.002	0.011	0.009	0.004	0.002	0.002	0.006	0.021	0.007	0.007	0.023	0.029	0.025	0.003	0.027	0.035	0.009	0.014	0.050	0.011	0.022	0.009	0.004	0.006	0.026
R2	0.013	0.007	0.002	0.013	0.011	0.013	0.015	0.003	0.002	0.013	0.011	0.005	0.002	0.002	0.006	0.018	0.005	0.003	0.014	0.019	0.017	0.002	0.019	0.031	0.007	0.011	0.038	0.009	0.022	0.010	0.004	0.005	0.019
R3	0.016	0.007	0.005	0.037	0.023	0.013	0.010	0.003	0.002	0.013	0.009	0.004	0.002	0.002	0.006	0.021	0.007	0.006	0.021	0.022	0.020	0.003	0.034	0.036	0.007	0.010	0.039	0.009	0.022	0.009	0.003	0.005	0.026
R4	0.009	0.004	0.002	0.018	0.013	0.012	0.014	0.004	0.002	0.011	0.009	0.004	0.002	0.002	0.006	0.021	0.006	0.004	0.012	0.016	0.014	0.002	0.019	0.026	0.006	0.010	0.038	0.009	0.022	0.009	0.003	0.004	0.012
R5	0.013	0.006	0.003	0.028	0.017	0.016	0.016	0.005	0.004	0.021	0.017	0.009	0.004	0.004	0.011	0.033	0.007	0.005	0.014	0.019	0.017	0.003	0.027	0.031	0.007	0.010	0.038	0.009	0.022	0.009	0.003	0.005	0.023
R6	0.016	0.008	0.005	0.042	0.022	0.021	0.015	0.005	0.003	0.020	0.016	0.008	0.004	0.003	0.011	0.031	0.008	0.006	0.021	0.022	0.017	0.002	0.023	0.031	0.007	0.011	0.042	0.009	0.022	0.009	0.004	0.006	0.027
R7	0.022	0.012	0.008	0.047	0.025	0.023	0.027	0.009	0.005	0.022	0.018	0.009	0.004	0.004	0.012	0.035	0.009	0.007	0.023	0.029	0.025	0.004	0.035	0.050	0.010	0.016	0.053	0.014	0.034	0.015	0.006	0.007	0.024
R8	0.021	0.009	0.006	0.033	0.022	0.016	0.016	0.005	0.003	0.019	0.016	0.008	0.004	0.003	0.011	0.031	0.007	0.005	0.016	0.022	0.017	0.002	0.023	0.036	0.009	0.011	0.033	0.008	0.019	0.009	0.003	0.005	0.018
R9	0.022	0.009	0.005	0.022	0.017	0.014	0.012	0.004	0.003	0.020	0.016	0.008	0.004	0.003	0.011	0.031	0.008	0.006	0.021	0.029	0.020	0.003	0.027	0.046	0.009	0.014	0.048	0.011	0.022	0.009	0.003	0.005	0.023
R10	0.007	0.002	0.002	0.018	0.013	0.012	0.014	0.005	0.003	0.013	0.009	0.004	0.003	0.002	0.007	0.021	0.007	0.006	0.022	0.028	0.020	0.004	0.029	0.039	0.007	0.010	0.038	0.009	0.025	0.010	0.004	0.005	0.018
R11	0.023	0.009	0.006	0.033	0.023	0.021	0.019	0.006	0.004	0.022	0.018	0.008	0.004	0.004	0.012	0.035	0.009	0.006	0.021	0.029	0.020	0.003	0.027	0.046	0.009	0.014	0.049	0.011	0.025	0.012	0.005	0.006	0.023
R12	0.008	0.005	0.003	0.011	0.006	0.005	0.006	0.002	0.001	0.005	0.004	0.002	0.001	0.001	0.003	0.007	0.002	0.001	0.005	0.007	0.005	0.001	0.007	0.012	0.002	0.004	0.013	0.004	0.008	0.004	0.001	0.002	0.006
V_j^+	**0.023**	**0.012**	**0.008**	**0.047**	**0.025**	**0.023**	**0.027**	**0.009**	**0.005**	**0.022**	**0.018**	**0.009**	**0.004**	**0.004**	**0.012**	**0.035**	**0.009**	**0.007**	**0.023**	**0.029**	**0.025**	**0.004**	**0.035**	**0.050**	**0.010**	**0.016**	**0.053**	**0.014**	**0.034**	**0.015**	**0.006**	**0.007**	**0.027**
V_j^-	**0.007**	**0.002**	**0.002**	**0.011**	**0.006**	**0.005**	**0.006**	**0.002**	**0.001**	**0.005**	**0.004**	**0.002**	**0.001**	**0.001**	**0.003**	**0.007**	**0.002**	**0.001**	**0.005**	**0.007**	**0.005**	**0.001**	**0.007**	**0.012**	**0.002**	**0.004**	**0.013**	**0.004**	**0.008**	**0.004**	**0.001**	**0.002**	**0.006**

Figura 78.

Valor estimado de impacto esperado de cada riesgo en la cadena de suministro.

	S^+	S^-	PS
R1	0.049	0.070	**0.587**
R2	0.061	0.050	**0.453**
R3	0.042	0.070	**0.624**
R4	0.064	0.045	**0.413**
R5	0.044	0.066	**0.598**
R6	0.036	0.076	**0.677**
R7	0.004	0.104	**0.965**
R8	0.043	0.067	**0.610**
R9	0.038	0.079	**0.678**
R10	0.053	0.062	**0.541**
R11	0.023	0.087	**0.788**
R12	0.105	0.003	**0.028**

6.8. TOPSIS neutrosófico para selección de estrategias de SCRM

La presente metodología propone solicitar la opinión de los tomadores de decisión sobre la efectividad, en términos lingüísticos, de una estrategia para mitigar cada uno de los riesgos. Para esto, haremos uso de la tabla de conversión de valores lingüísticos a escala neutrosófica triangular propuesta por (Abdel-Basset & Mohamed, 2020), la cual podemos observar en la figura 75. Los valores de efectividad de cada una de las estrategias sobre los riesgos obtenidos de los expertos los podemos ver en las figuras 84, 85 y 86.

Figura 79.

Respuestas del experto 1 sobre la efectividad de las estrategias de gestión en cada uno de los riesgos.

	R1	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**	**R6**	**R7**	**R8**	**R9**	**R10**	**R11**	**R12**
S1	M	A	A	M	A	A	M	A	A	A	A	M
S2	B	A	MA	MB	A	A	M	B	B	MA	MB	N
S3	B	B	A	MB	A	A	M	M	B	A	M	MB
S4	A	M	M	A	MB	M	B	B	B	M	MB	N
S5	MA	M	B	B	M	A	B	B	B	B	MB	N
S6	MA	M	B	B	M	A	B	B	M	B	MB	N
S7	B	A	M	M	A	M	B	M	M	B	M	MB
S8	MB	A	B	MB	A	M	B	B	B	B	MB	N
S9	MB	A	B	MB	A	M	B	B	B	B	MB	N
S10	M	A	A	A	A	A	M	A	A	A	A	M
S11	A	A	A	M	A	A	M	A	MA	A	MA	A
S12	B	A	MB	MB	A	B	B	M	M	B	M	MB
S13	B	A	MB	B	A	B	B	B	B	B	MB	N
S14	MA	M	MB	A	MB	B	B	B	B	M	MB	N
S15	MA	M	MB	M	M	MA	M	B	M	B	B	N
S16	B	MA	B	MB	A	M	M	M	M	B	MB	N
S17	A	M	N	A	B	B	MB	M	B	B	MB	N
S18	A	M	B	A	M	B	MB	B	B	M	MB	MB
S19	MB	B	N	B	M	B	B	B	B	B	MB	N
S20	A	B	N	M	M	B	MB	B	M	M	MB	MB
S21	N	MB	B	N	MB	MB	MA	N	N	B	MB	MB

Figura 80.

Respuestas del experto 2 sobre la efectividad de las estrategias de gestión en cada uno de los riesgos.

	R1	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**	**R6**	**R7**	**R8**	**R9**	**R10**	**R11**	**R12**
S1	M	MA	A	B	MA	A	M	A	MA	A	MA	A
S2	MB	A	MA	MB	A	MA	M	M	B	MA	MB	N
S3	B	B	A	N	A	A	B	M	B	MA	A	N
S4	A	M	M	A	MB	M	MB	B	MB	M	MB	N
S5	MA	A	B	M	M	A	B	MB	B	B	N	N
S6	MA	M	M	B	M	MA	MB	B	M	MB	MB	N
S7	B	A	M	M	A	M	B	M	M	B	M	N
S8	MB	A	MB	MB	MA	M	B	B	B	B	MB	N
S9	B	MA	B	N	A	B	B	B	B	MB	N	N
S10	M	A	A	A	A	A	M	MA	A	MA	A	M
S11	A	A	MA	M	MA	A	M	A	MA	A	MA	A
S12	B	MA	MB	MB	A	B	B	M	M	B	M	N
S13	B	A	N	B	A	B	B	B	B	B	MB	N
S14	MA	M	MB	MA	MB	B	B	M	B	M	N	N
S15	MA	M	B	M	M	MA	M	B	M	B	B	N
S16	B	MA	B	MB	A	M	M	M	M	MB	MB	N
S17	MB	M	N	A	B	B	N	M	B	B	MB	N
S18	A	M	B	MA	M	B	N	B	MB	M	N	N
S19	N	B	N	B	M	M	B	MB	B	B	MB	N
S20	A	B	N	B	M	B	N	B	M	M	N	MB
S21	N	N	MB	MB	N	N	MA	N	N	MB	MB	MB

Figura 81.

Respuestas del experto 3 sobre la efectividad de las estrategias de gestión en cada uno de los riesgos.

	R1	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**	**R6**	**R7**	**R8**	**R9**	**R10**	**R11**	**R12**
S1	A	MA	A	M	MA	A	A	MA	MA	A	MA	A
S2	N	MA	MA	N	A	MA	M	M	B	MA	N	N
S3	MB	B	MA	MB	MA	A	B	A	A	MA	A	N
S4	A	M	M	MA	N	M	N	B	N	A	N	N
S5	MA	A	B	M	M	A	B	N	B	M	N	MB
S6	A	M	M	B	M	MA	N	B	M	N	N	N
S7	B	MA	M	M	A	M	B	M	M	MB	M	N
S8	N	A	N	N	MA	M	M	MB	M	B	N	MB
S9	B	MA	B	MB	A	B	B	B	B	MB	N	N
S10	M	A	A	A	MA	MA	M	MA	A	MA	A	M
S11	MA	A	A	M	MA	A	M	MA	MA	A	MA	MA
S12	B	MA	N	MB	A	B	B	M	M	B	M	N
S13	B	A	N	B	A	M	B	B	B	A	N	N
S14	MA	M	N	MA	MB	B	B	M	MB	M	N	N
S15	A	M	B	M	M	MA	M	B	M	B	MB	N
S16	B	MA	M	MB	A	M	M	M	M	MB	MB	N
S17	N	M	N	MA	B	B	MB	M	B	B	B	MB
S18	A	M	B	MA	M	MB	N	B	MB	M	N	N
S19	N	N	N	M	A	M	B	N	B	B	MB	N
S20	A	B	MB	B	M	B	N	B	M	M	N	MB
S21	N	N	MB	N	N	N	AB	N	MB	N	N	MB

Ahora procedemos a calcular la media neutrosófica de los valores obtenidos de los expertos por medio de la ecuación 10 y el resultado lo podemos ver en la figura 87.

Figura 82.

Media neutrosófica de la eficiencia de una estrategia en cada uno de los riesgos.

	R1						R2						R3						R4					
	a1	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**
S1	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10
S2	0.67	0.62	0.73	0.60	0.20	0.20	0.58	0.58	0.60	0.60	0.20	0.30	0.58	0.58	0.60	0.60	0.20	0.30	0.52	0.52	0.57	0.60	0.20	0.30
S3	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.52	0.52	0.57	0.60	0.20	0.30	0.52	0.52	0.57	0.60	0.20	0.30
S4	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30
S5	0.65	0.60	0.70	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20
S6	0.65	0.60	0.70	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20
S7	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10
S8	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30
S9	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30
S10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10
S11	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10
S12	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.33	0.38	0.33	0.60	0.20	0.30	0.33	0.38	0.33	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30
S13	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20
S14	0.57	0.57	0.57	0.60	0.20	0.30	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30	0.33	0.38	0.33	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30
S15	0.57	0.57	0.57	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.73	0.68	0.77	0.70	0.20	0.20
S16	0.57	0.52	0.63	0.60	0.20	0.20	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30
S17	0.48	0.52	0.62	0.10	0.20	0.15	0.48	0.52	0.62	0.10	0.20	0.15	0.40	0.43	0.55	0.10	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20
S18	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20
S19	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.30	0.33	0.45	0.10	0.20	0.20	0.38	0.42	0.52	0.10	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
S20	0.40	0.43	0.55	0.10	0.20	0.20	0.38	0.42	0.52	0.10	0.20	0.20	0.47	0.50	0.58	0.10	0.20	0.15	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
S21	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.13	0.27	0.18	0.10	0.20	0.30

Figura 87.

Media neutrosófica de la eficiencia de una estrategia en cada uno de los riesgos (continuación).

	R5						R6						R7						R8					
	a1	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**	**a1**	**a2**	**a3**	**α**	**θ**	**β**
S1	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10
S2	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.20	0.20
S3	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20
S4	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
S5	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
S6	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
S7	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
S8	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
S9	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
S10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10
S11	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.75	0.70	0.80	0.70	0.20	0.20	0.77	0.72	0.83	0.70	0.20	0.20
S12	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
S13	0.50	0.45	0.60	0.60	0.20	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
S14	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
S15	0.73	0.68	0.77	0.70	0.20	0.20	0.65	0.60	0.70	0.60	0.20	0.20	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
S16	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.65	0.60	0.70	0.80	0.10	0.10	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
S17	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
S18	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20
S19	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20	0.40	0.35	0.50	0.60	0.10	0.20
S20	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20
S21	0.40	0.45	0.37	0.60	0.20	0.30	0.38	0.47	0.45	0.10	0.20	0.30	0.37	0.48	0.53	0.10	0.20	0.20	0.20	0.32	0.40	0.10	0.20	0.20

Figura 87.

Media neutrosófica de la eficiencia de una estrategia en cada uno de los riesgos (continuación).

	R9						R10						R11						R12					
	a1	a2	a3	α	θ	β	a1	a2	a3	α	θ	β	a1	a2	a3	α	θ	β	a1	a2	a3	α	θ	β
S1	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.73	0.68	0.77	0.70	0.20	0.20
S2	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.38	0.47	0.45	0.10	0.20	0.30	0.13	0.27	0.18	0.10	0.20	0.30	0.32	0.40	0.42	0.10	0.20	0.30
S3	0.58	0.53	0.67	0.60	0.20	0.20	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30
S4	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.30	0.38	0.38	0.10	0.20	0.30	0.32	0.40	0.42	0.10	0.20	0.30	0.48	0.52	0.62	0.10	0.20	0.15
S5	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.38	0.47	0.45	0.10	0.20	0.30	0.57	0.60	0.68	0.10	0.20	0.20
S6	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.38	0.47	0.45	0.10	0.20	0.30	0.55	0.58	0.65	0.10	0.20	0.20
S7	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30
S8	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.13	0.27	0.18	0.10	0.20	0.30	0.32	0.40	0.42	0.10	0.20	0.30
S9	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.47	0.50	0.58	0.10	0.20	0.20
S10	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10	0.68	0.63	0.77	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10	0.67	0.62	0.73	0.80	0.20	0.10
S11	0.83	0.78	0.87	0.70	0.20	0.20	0.77	0.72	0.83	0.70	0.20	0.20	0.77	0.72	0.83	0.70	0.20	0.20	0.70	0.65	0.80	0.90	0.20	0.10
S12	0.57	0.52	0.63	0.60	0.10	0.20	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30
S13	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.40	0.43	0.55	0.10	0.20	0.20
S14	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.30	0.38	0.38	0.10	0.20	0.30	0.38	0.47	0.45	0.10	0.20	0.30	0.55	0.58	0.65	0.10	0.20	0.20
S15	0.48	0.43	0.57	0.60	0.10	0.20	0.30	0.33	0.45	0.10	0.20	0.20	0.47	0.50	0.58	0.10	0.20	0.20	0.55	0.58	0.65	0.10	0.20	0.20
S16	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.47	0.50	0.58	0.10	0.20	0.20
S17	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.13	0.27	0.18	0.10	0.20	0.30	0.30	0.38	0.38	0.10	0.20	0.30
S18	0.40	0.40	0.43	0.60	0.20	0.30	0.32	0.37	0.30	0.60	0.20	0.30	0.33	0.38	0.33	0.60	0.20	0.30	0.50	0.50	0.53	0.60	0.20	0.30
S19	0.32	0.32	0.37	0.60	0.20	0.30	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.12	0.28	0.27	0.10	0.20	0.30	0.20	0.32	0.40	0.10	0.20	0.20
S20	0.48	0.48	0.50	0.60	0.20	0.30	0.32	0.37	0.30	0.60	0.20	0.30	0.33	0.38	0.33	0.60	0.20	0.30	0.42	0.42	0.47	0.60	0.20	0.30
S21	0.22	0.30	0.32	0.10	0.20	0.30	0.23	0.28	0.23	0.60	0.20	0.30	0.13	0.27	0.18	0.10	0.20	0.30	0.12	0.28	0.27	0.10	0.20	0.30

Dado que el valor cuantitativo de un riesgo se puede estimar, como se observa en la ecuación 18, como el producto de su impacto esperado (estimado en la sección 6.7) por su probabilidad de ocurrencia (estimada en la sección 6.6), procedemos a calcular los pesos que tendrá cada riesgo en la matriz de decisión. Los resultados los podemos observar en la figura 88.

$$w_i = P_i * I_i \quad (18)$$

Figura 83.

Estimación del peso de cada riesgo.

Riesgo	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Peso	Peso Normalizado
R1	0.3432	0.5867	0.2014	**0.1081**
R2	0.3584	0.4526	0.1622	**0.0871**
R3	0.3314	0.6236	0.2067	**0.1109**
R4	0.2010	0.4134	0.0831	**0.0446**
R5	0.2567	0.5976	0.1534	**0.0824**
R6	0.3181	0.6769	0.2153	**0.1156**
R7	0.0477	0.9648	0.0460	**0.0247**
R8	0.2895	0.6100	0.1766	**0.0948**
R9	0.3181	0.6778	0.2156	**0.1157**
R10	0.2719	0.5409	0.1471	**0.0790**
R11	0.3181	0.7876	0.2505	**0.1345**
R12	0.1805	0.0278	0.0050	**0.0027**

El siguiente paso consiste en convertir los valores de la figura 87 a números nítidos haciendo uso de la ecuación 11. Luego, la matriz de decisión se debe normalizar utilizando la ecuación 12 para luego multiplicar la matriz de decisión normalizada por el respectivo peso de cada riesgo calculado

figura 88. Luego se debe seleccionar el ideal best (V_j^+) y el ideal worst (V_j^-) para cada riesgo. Los valores se pueden observar en las figuras 89 y 90.

Figura 84.

Matriz de decisión normalizada de eficiencia de las estrategias.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
S1	0.30	0.32	0.33	0.29	0.29	0.30	0.31	0.32	0.37	0.43	0.42	0.36
S2	0.26	0.23	0.23	0.19	0.29	0.23	0.21	0.22	0.20	0.17	0.08	0.13
S3	0.20	0.17	0.21	0.19	0.29	0.29	0.24	0.23	0.26	0.27	0.22	0.15
S4	0.29	0.31	0.20	0.18	0.14	0.20	0.17	0.20	0.17	0.14	0.15	0.20
S5	0.25	0.21	0.21	0.22	0.21	0.20	0.17	0.17	0.14	0.11	0.17	0.22
S6	0.25	0.21	0.21	0.22	0.21	0.20	0.21	0.20	0.17	0.11	0.17	0.21
S7	0.23	0.31	0.32	0.29	0.21	0.23	0.24	0.23	0.26	0.21	0.22	0.19
S8	0.16	0.17	0.17	0.18	0.21	0.20	0.17	0.17	0.14	0.11	0.08	0.13
S9	0.16	0.17	0.17	0.18	0.21	0.20	0.17	0.17	0.14	0.11	0.11	0.19
S10	0.30	0.34	0.35	0.32	0.29	0.30	0.31	0.32	0.37	0.43	0.42	0.36
S11	0.32	0.32	0.33	0.29	0.29	0.30	0.31	0.31	0.37	0.44	0.45	0.40
S12	0.16	0.13	0.14	0.15	0.19	0.20	0.24	0.23	0.26	0.21	0.22	0.22
S13	0.16	0.17	0.17	0.19	0.19	0.17	0.17	0.17	0.14	0.11	0.11	0.17
S14	0.21	0.20	0.14	0.15	0.11	0.17	0.17	0.20	0.17	0.14	0.17	0.21
S15	0.21	0.19	0.19	0.28	0.27	0.25	0.24	0.20	0.22	0.15	0.22	0.21
S16	0.22	0.19	0.17	0.18	0.28	0.29	0.31	0.23	0.17	0.11	0.11	0.19
S17	0.16	0.17	0.15	0.19	0.11	0.15	0.16	0.20	0.14	0.11	0.08	0.12
S18	0.23	0.24	0.25	0.22	0.14	0.12	0.13	0.20	0.17	0.17	0.18	0.23
S19	0.08	0.11	0.14	0.19	0.19	0.17	0.17	0.17	0.14	0.11	0.09	0.11
S20	0.14	0.14	0.17	0.22	0.14	0.12	0.16	0.23	0.20	0.17	0.18	0.19
S21	0.08	0.08	0.08	0.05	0.14	0.12	0.14	0.09	0.09	0.13	0.08	0.08

Figura 85.

Matriz de decisión pesada para la selección de estrategias con los valores de V_j^+ y V_j^-.

	R1 **x 10^{-2}**	**R2** **x 10^{-2}**	**R3** **x 10^{-2}**	**R4** **x 10^{-2}**	**R5** **x 10^{-2}**	**R6** **x 10^{-2}**	**R7** **x 10^{-2}**	**R8** **x 10^{-2}**	**R9** **x 10^{-2}**	**R10** **x 10^{-2}**	**R11** **x 10^{-2}**	**R12** **x 10^{-2}**
S1	3.27	2.76	3.63	1.31	2.35	3.50	0.78	3.08	4.23	3.41	5.69	0.10
S2	2.79	1.96	2.58	0.85	2.35	2.63	0.51	2.08	2.33	1.36	1.05	0.03
S3	2.14	1.44	2.34	0.85	2.35	3.39	0.59	2.16	2.97	2.11	2.92	0.04
S4	3.16	2.67	2.24	0.81	1.17	2.29	0.43	1.88	1.96	1.12	2.04	0.05
S5	2.69	1.80	2.38	0.99	1.77	2.29	0.43	1.58	1.59	0.87	2.35	0.06
S6	2.69	1.80	2.38	0.99	1.77	2.29	0.51	1.88	1.96	0.87	2.35	0.06
S7	2.46	2.67	3.51	1.27	1.77	2.65	0.59	2.17	2.99	1.70	2.92	0.05
S8	1.71	1.44	1.90	0.81	1.77	2.29	0.43	1.58	1.59	0.87	1.05	0.03
S9	1.71	1.44	1.90	0.81	1.77	2.29	0.43	1.58	1.59	0.87	1.50	0.05
S10	3.27	2.96	3.89	1.41	2.35	3.50	0.78	3.08	4.23	3.41	5.69	0.10
S11	3.51	2.76	3.63	1.31	2.35	3.50	0.77	2.93	4.32	3.49	6.01	0.11
S12	1.71	1.17	1.54	0.69	1.54	2.29	0.59	2.17	2.99	1.70	2.92	0.06
S13	1.71	1.44	1.90	0.86	1.54	1.93	0.43	1.58	1.59	0.87	1.50	0.04
S14	2.24	1.70	1.54	0.69	0.95	1.93	0.43	1.88	1.96	1.12	2.35	0.06
S15	2.24	1.63	2.15	1.27	2.26	2.88	0.59	1.88	2.58	1.21	2.97	0.06
S16	2.37	1.63	1.90	0.81	2.27	3.40	0.76	2.17	1.96	0.87	1.50	0.05
S17	1.78	1.50	1.64	0.86	0.95	1.74	0.39	1.88	1.59	0.87	1.05	0.03
S18	2.46	2.08	2.73	0.99	1.17	1.41	0.31	1.88	1.96	1.35	2.49	0.06
S19	0.84	0.97	1.56	0.86	1.54	1.93	0.43	1.58	1.59	0.87	1.20	0.03
S20	1.48	1.18	1.89	1.00	1.17	1.41	0.39	2.17	2.33	1.35	2.49	0.05
S21	0.84	0.71	0.93	0.24	1.15	1.40	0.35	0.86	1.01	1.03	1.05	0.02
V^+	3.51	2.96	3.89	1.41	2.35	3.50	0.78	3.08	4.32	3.49	6.01	0.11
V^-.	0.84	0.71	0.93	0.24	0.95	1.40	0.31	0.86	1.01	0.87	1.05	0.02

Finalmente, se debe calcular la distancia euclidiana de cada estrategia con respecto a su ideal best (S_i^+) y a su ideal worst (S_i^-) para luego calcular el performance score (PS_i) utilizando las ecuaciones 13, 14, 15, 16 y 17. El resultado se puede observar en la figura 91.

Figura 86.

Performance score (PS) para cada estrategia.

	S^+	S^-	PS
S1	0.01	0.08	**0.94**
S2	0.06	0.04	**0.39**
S3	0.05	0.05	**0.50**
S4	0.06	0.04	**0.40**
S5	0.06	0.03	**0.36**
S6	0.06	0.04	**0.38**
S7	0.04	0.05	**0.55**
S8	0.07	0.02	**0.23**
S9	0.07	0.02	**0.25**
S10	0.00	0.08	**0.95**
S11	0.00	0.09	**0.96**
S12	0.05	0.04	**0.39**
S13	0.07	0.02	**0.23**
S14	0.06	0.03	**0.30**
S15	0.05	0.04	**0.45**
S16	0.06	0.04	**0.36**
S17	0.07	0.02	**0.21**
S18	0.06	0.04	**0.38**
S19	0.08	0.02	**0.17**
S20	0.06	0.03	**0.31**
S21	0.09	0.00	**0.03**

6.9. Programación del Sistema Experto Probabilístico Neutrosófico

La presente metodología propone crear una base de conocimiento con las opiniones de los expertos recopiladas en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la cual será consultada por el motor de inferencia del sistema experto para estimar los valores de probabilidad de ocurrencia e impacto esperado de un riesgo, así como de la eficiencia de una estrategia para gestionarlo.

El motor de inferencia consiste de un algoritmo programado en Matlab, en el cual se encuentran la técnica del proceso analítico jerárquico (AHP) neutrosófico y la técnica para el orden de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS) neutrosófico, el cual adquiere la información obtenida de los expertos consignada en la hoja de cálculo de Microsoft Excel para estimar los valores de probabilidad de ocurrencia e impacto esperado de un riesgo y de la eficiencia de cada estrategia para gestionarlos, para luego ordenar el vector de estrategias de mayor a menor y mostrar las estrategias en orden de importancia de acuerdo a su puntaje de desempeño.

7. Simulación y resultados

Consideremos los valores de probabilidad de ocurrencia de los riesgos calculados a partir de la información extraída de los expertos como el estado estable de la cadena de suministro. Teniendo en cuenta lo anterior, los valores del performance score obtenidos en la sección 6.8 nos sugieren la importancia de cada una de las estrategias consultadas en una cadena de suministro en condiciones normales. La figura 92 muestra la respuesta del algoritmo, con las estrategias en orden

de importancia para ser aplicadas con los valores de probabilidad de ocurrencia de los riesgos calculados en la sección 6.6.

Figura 87.

Resultados del algoritmo para la probabilidad estimada de los expertos.

Command Window

---------------- RESULTADOS SELECCION DE ESTRATEGIAS ----------------

COD	ESTRATEGIA	SCORE
"S11"	"Informacion clara y transparente para todos los socios de la cadena de suministro."	0.95785
"S10"	"Trabajo colaborativo entre socios de la cadena de suministro."	0.95248
"S1"	"Mejora continua del diseño de la cadena de suministro."	0.93813
"S7"	"Estandarizacion de productos y procesos."	0.54911
"S3"	"Flexibilidad en los contratos vinculantes."	0.5006
"S15"	"Descentralizar inventario para demanda estable y centralizarlo para demanda incierta."	0.44585
"S4"	"Planificacion de un mayor surtido de productos."	0.39839
"S12"	"Capacitar a los empleados para realizar mas de una labor."	0.39313
"S2"	"Aumentar el numero de proveedores alternativos."	0.38846
"S18"	"Renovacion de los productos."	0.3809
"S6"	"Capacidad descentralizada para demandas predecibles y centralizada para demandas inciertas."	0.37828
"S16"	"Flexibilidad en el enrutamiento."	0.36313
"S5"	"Hacer uso de la estrategia de demanda agregada."	0.35835
"S20"	"Estrategias de fijacion de precios receptivas."	0.31081
"S14"	"Seleccionar productos con menor riesgo."	0.30277
"S9"	"Adoptar sistemas de fabricación flexibles."	0.24556
"S8"	"Flexibilizacion de las operaciones."	0.23419
"S13"	"La diferenciacion retardada."	0.2283
"S17"	"Influir dinamicamente en la seleccion de productos del cliente."	0.20875
"S19"	"Tener un mayor numero de clientes."	0.16681
"S21"	"Adquirir un seguro."	0.029366

fx >>

Como podemos observar, las estrategias 11, 10 y 1 tienen un performance score notablemente más alto que las demás estrategias, lo cual es coherente debido a que en una cadena de suministro es de vital importancia el manejo de la información, el trabajo colaborativo y un buen diseño.

A continuación, se generan 5 escenarios donde se simula la aparición de ciertos riesgos. Para ello aumentamos a 1 el valor de su probabilidad de ocurrencia, lo cual indica al sistema experto que el riesgo se está presentando o es inminente. Se espera que de acuerdo con los riesgos que se asuman como inminentes, el sistema experto priorice aquellas estrategias relacionadas con su gestión.

7.1. Primer escenario

Para el primer escenario vamos a asumir que la cadena de suministro está experimentando demoras en la entrega de suministros por parte de sus proveedores, lo cual está produciendo incumplimientos y afectaciones económicas por ventas perdidas y demandas por incumplimiento.

Para esto, procedemos a asignar el valor de 1 al riesgo número 3. La respuesta obtenida se puede observar en la figura 6.

Figura 88.

Resultados del algoritmo para una probabilidad de ocurrencia del riesgo 3 del 100%.

Command Window

----------------- RESULTADOS SELECCION DE ESTRATEGIAS -----------------

COD	ESTRATEGIA	SCORE
"S10"	"Trabajo colaborativo entre socios de la cadena de suministro."	0.96595
"S11"	"Informacion clara y transparente para todos los socios de la cadena de suministro."	0.93151
"S1"	"Mejora continua del diseño de la cadena de suministro."	0.92367
"S7"	"Estandarizacion de productos y procesos."	0.67314
"S3"	"Flexibilidad en los contratos vinculantes."	0.4894
"S18"	"Renovacion de los productos."	0.48414
"S2"	"Aumentar el numero de proveedores alternativos."	0.45917
"S15"	"Descentralizar inventario para demanda estable y centralizarlo para demanda incierta."	0.42964
"S6"	"Capacidad descentralizada para demandas predecibles y centralizada para demandas inciertas."	0.42866
"S5"	"Hacer uso de la estrategia de demanda agregada."	0.41776
"S4"	"Planificacion de un mayor surtido de productos."	0.41769
"S16"	"Flexibilidad en el enrutamiento."	0.34884
"S20"	"Estrategias de fijacion de precios receptivas."	0.31696
"S12"	"Capacitar a los empleados para realizar mas de una labor."	0.313
"S9"	"Adoptar sistemas de fabricación flexibles."	0.28489
"S8"	"Flexibilizacion de las operaciones."	0.27806
"S13"	"La diferenciacion retardada."	0.27695
"S14"	"Seleccionar productos con menor riesgo."	0.26021
"S17"	"Influir dinamicamente en la seleccion de productos del cliente."	0.22262
"S19"	"Tener un mayor numero de clientes."	0.18862
"S21"	"Adquirir un seguro."	0.021202

Se puede observar que la estrategia que el sistema experto consideró más importante de acuerdo con los datos de su base de conocimiento fue la estrategia 10, la cual propone el trabajo colaborativo entre todos los socios de la cadena de suministro incluyendo a los proveedores. Cabe mencionar que adicional a esto, las estrategias 2 y 3 de flexibilidad en contratos y aumento de

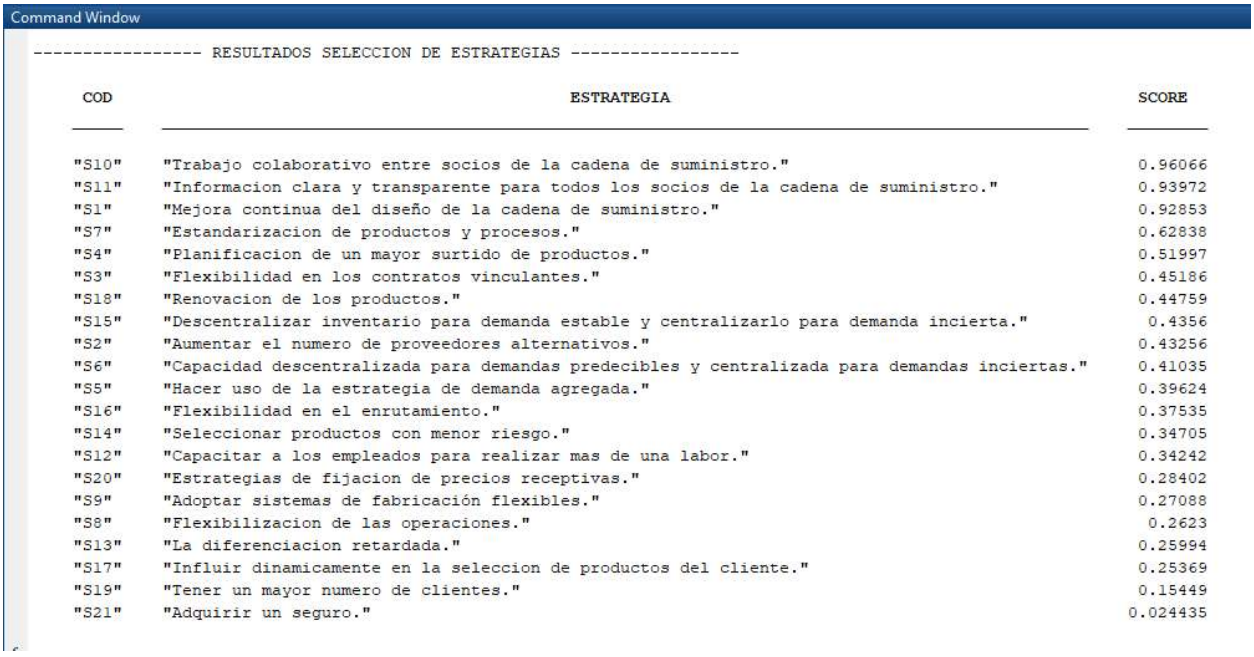
proveedores tuvieron un aumento en su performance score, lo cual es coherente al ser dos buenas alternativas de solución.

7.2. Segundo escenario

Para el segundo escenario vamos a asumir que la cadena de suministro está experimentando demoras en la entrega de productos terminados a sus clientes, lo cual está produciendo incumplimientos y afectaciones económicas por cancelación de pedidos y demandas por incumplimiento. Para esto, procedemos a asignar el valor de 1 al riesgo número 2. La respuesta obtenida se puede observar en la figura 7.

Figura 89.

Resultados del algoritmo para una probabilidad de ocurrencia del riesgo 2 del 100%.



Command Window

---------- RESULTADOS SELECCION DE ESTRATEGIAS ----------

COD	ESTRATEGIA	SCORE
"S10"	"Trabajo colaborativo entre socios de la cadena de suministro."	0.96066
"S11"	"Informacion clara y transparente para todos los socios de la cadena de suministro."	0.93972
"S1"	"Mejora continua del diseño de la cadena de suministro."	0.92853
"S7"	"Estandarizacion de productos y procesos."	0.62838
"S4"	"Planificacion de un mayor surtido de productos."	0.51997
"S3"	"Flexibilidad en los contratos vinculantes."	0.45186
"S18"	"Renovacion de los productos."	0.44759
"S15"	"Descentralizar inventario para demanda estable y centralizarlo para demanda incierta."	0.4356
"S2"	"Aumentar el numero de proveedores alternativos."	0.43256
"S6"	"Capacidad descentralizada para demandas predecibles y centralizada para demandas inciertas."	0.41035
"S5"	"Hacer uso de la estrategia de demanda agregada."	0.39624
"S16"	"Flexibilidad en el enrutamiento."	0.37535
"S14"	"Seleccionar productos con menor riesgo."	0.34705
"S12"	"Capacitar a los empleados para realizar mas de una labor."	0.34242
"S20"	"Estrategias de fijacion de precios receptivas."	0.28402
"S9"	"Adoptar sistemas de fabricación flexibles."	0.27088
"S8"	"Flexibilizacion de las operaciones."	0.2623
"S13"	"La diferenciacion retardada."	0.25994
"S17"	"Influir dinamicamente en la seleccion de productos del cliente."	0.25369
"S19"	"Tener un mayor numero de clientes."	0.15449
"S21"	"Adquirir un seguro."	0.024435

Se puede observar que la estrategia que el sistema experto consideró más importante de acuerdo con los datos de su base de conocimiento fue la estrategia 10, la cual propone el trabajo colaborativo entre todos los socios de la cadena de suministro incluyendo a los distribuidores. Cabe mencionar que adicional a esto, las estrategias 3 y 16 de flexibilidad en enrutamiento y flexibilidad en contratos tuvieron un aumento en su performance score, lo cual es coherente al ser dos buenas alternativas de solución.

7.3. Tercer escenario

Para el tercer escenario vamos a asumir que la cadena de suministro está experimentando problemas con sus inventarios, lo cual está produciendo incumplimientos y afectaciones económicas por ventas perdidas y demandas por incumplimiento. Para esto, procedemos a asignar el valor de 1 al riesgo número 6. La respuesta obtenida se puede observar en la figura 95.

Figura 90.

Resultados del algoritmo para una probabilidad de ocurrencia del riesgo 6 del 100%.

Command Window

----------------- RESULTADOS SELECCION DE ESTRATEGIAS -----------------

COD	ESTRATEGIA	SCORE
"S11"	"Informacion clara y transparente para todos los socios de la cadena de suministro."	0.96572
"S10"	"Trabajo colaborativo entre socios de la cadena de suministro."	0.96149
"S1"	"Mejora continua del diseño de la cadena de suministro."	0.95005
"S3"	"Flexibilidad en los contratos vinculantes."	0.61985
"S7"	"Estandarizacion de productos y procesos."	0.56387
"S15"	"Descentralizar inventario para demanda estable y centralizarlo para demanda incierta."	0.52717
"S16"	"Flexibilidad en el enrutamiento."	0.52249
"S2"	"Aumentar el numero de proveedores alternativos."	0.44568
"S4"	"Planificacion de un mayor surtido de productos."	0.40638
"S12"	"Capacitar a los empleados para realizar mas de una labor."	0.40379
"S6"	"Capacidad descentralizada para demandas predecibles y centralizada para demandas inciertas."	0.39304
"S5"	"Hacer uso de la estrategia de demanda agregada."	0.37937
"S9"	"Adoptar sistemas de fabricación flexibles."	0.30854
"S8"	"Flexibilizacion de las operaciones."	0.29966
"S18"	"Renovacion de los productos."	0.29511
"S14"	"Seleccionar productos con menor riesgo."	0.28758
"S20"	"Estrategias de fijacion de precios receptivas."	0.24232
"S13"	"La diferenciacion retardada."	0.23675
"S19"	"Tener un mayor numero de clientes."	0.19729
"S17"	"Influir dinamicamente en la seleccion de productos del cliente."	0.19568
"S21"	"Adquirir un seguro."	0.023928

Se puede observar que la estrategia que el sistema experto consideró más importante de acuerdo con los datos de su base de conocimiento fue la estrategia 11, la cual propone un manejo claro y transparente de la información entre todos los socios de la cadena de suministro para evitar así cambios súbitos e inesperados en los niveles de inventario. Cabe mencionar que adicional a esto, la estrategia 15 que propone una división de los inventarios en centralizados y descentralizados de acuerdo con el comportamiento de la demanda de cada producto tuvo un aumento en su performance score, lo cual es coherente al ser una buena alternativa de solución.

7.4. Cuarto escenario

Para el cuarto escenario vamos a asumir que la cadena de suministro está experimentando falta de flexibilidad en su capacidad de producción, lo cual está produciendo incumplimientos ante aumento de la demanda y afectaciones económicas por ventas perdidas. Para esto, procedemos a asignar el valor de 1 al riesgo número 5. La respuesta obtenida se puede observar en la figura 9.

Figura 91.

Resultados del algoritmo para una probabilidad de ocurrencia del riesgo 5 del 100%.

Command Window

---------- RESULTADOS SELECCION DE ESTRATEGIAS ----------

COD	ESTRATEGIA	SCORE
"S11"	"Informacion clara y transparente para todos los socios de la cadena de suministro."	0.96391
"S10"	"Trabajo colaborativo entre socios de la cadena de suministro."	0.95943
"S1"	"Mejora continua del diseño de la cadena de suministro."	0.94733
"S3"	"Flexibilidad en los contratos vinculantes."	0.60403
"S15"	"Descentralizar inventario para demanda estable y centralizarlo para demanda incierta."	0.55811
"S7"	"Estandarizacion de productos y procesos."	0.5581
"S2"	"Aumentar el numero de proveedores alternativos."	0.51508
"S16"	"Flexibilidad en el enrutamiento."	0.49124
"S6"	"Capacidad descentralizada para demandas predecibles y centralizada para demandas inciertas."	0.43103
"S5"	"Hacer uso de la estrategia de demanda agregada."	0.41633
"S12"	"Capacitar a los empleados para realizar mas de una labor."	0.4004
"S4"	"Planificacion de un mayor surtido de productos."	0.35076
"S9"	"Adoptar sistemas de fabricación flexibles."	0.34443
"S8"	"Flexibilizacion de las operaciones."	0.33424
"S18"	"Renovacion de los productos."	0.33367
"S13"	"La diferenciacion retardada."	0.28398
"S20"	"Estrategias de fijacion de precios receptivas."	0.27707
"S14"	"Seleccionar productos con menor riesgo."	0.24993
"S19"	"Tener un mayor numero de clientes."	0.24607
"S17"	"Influir dinamicamente en la seleccion de productos del cliente."	0.17739
"S21"	"Adquirir un seguro."	0.077138

Se puede observar un aumento en el performance score de las estrategias 9 y 11 que recomiendan adoptar sistemas flexibles de manufactura y flexibilizar las operaciones lo cual es coherente debido a que son buenas alternativas de solución.

7.5. Quinto escenario

Para el quinto escenario vamos a asumir que la cadena de suministro está experimentando un mal pronóstico de la demanda, lo cual hace que lo que ofrece sea mayor o menor a lo que demanda el mercado. Para esto, procedemos a asignar el valor de 1 al riesgo número 1. La respuesta obtenida se puede observar en la figura 97.

Figura 92.

Resultados del algoritmo para una probabilidad de ocurrencia del riesgo 1 del 100%.

Command Window

```
---------- RESULTADOS SELECCION DE ESTRATEGIAS ----------
```

COD	ESTRATEGIA	SCORE
"S11"	"Informacion clara y transparente para todos los socios de la cadena de suministro."	0.96765
"S10"	"Trabajo colaborativo entre socios de la cadena de suministro."	0.93237
"S1"	"Mejora continua del diseño de la cadena de suministro."	0.92563
"S7"	"Estandarizacion de productos y procesos."	0.57139
"S4"	"Planificacion de un mayor surtido de productos."	0.55621
"S2"	"Aumentar el numero de proveedores alternativos."	0.50459
"S6"	"Capacidad descentralizada para demandas predecibles y centralizada para demandas inciertas."	0.49882
"S3"	"Flexibilidad en los contratos vinculantes."	0.49566
"S5"	"Hacer uso de la estrategia de demanda agregada."	0.4866
"S15"	"Descentralizar inventario para demanda estable y centralizarlo para demanda incierta."	0.47696
"S18"	"Renovacion de los productos."	0.46904
"S16"	"Flexibilidad en el enrutamiento."	0.43867
"S14"	"Seleccionar productos con menor riesgo."	0.39584
"S12"	"Capacitar a los empleados para realizar mas de una labor."	0.36794
"S20"	"Estrategias de fijacion de precios receptivas."	0.28393
"S9"	"Adoptar sistemas de fabricación flexibles."	0.27913
"S8"	"Flexibilizacion de las operaciones."	0.27155
"S13"	"La diferenciacion retardada."	0.26998
"S17"	"Influir dinamicamente en la seleccion de productos del cliente."	0.26778
"S19"	"Tener un mayor numero de clientes."	0.12695
"S21"	"Adquirir un seguro."	0.022588

Se puede observar un aumento en el performance score de las estrategias 4, 5 y 6 que recomiendan diversificar los productos que se ofrecen en el mercado y adoptar estrategias para

una mejor gestión de la demanda, lo cual es coherente debido a que son buenas alternativas de solución.

8. Conclusiones

Por medio de la investigación realizada y expresada en el presente libro se comprueba la efectividad de la aplicación de la teoría neutrosófica para el tratamiento de la incertidumbre en la gestión del riesgo en la cadena de suministro (Rojas-Gualdron, Smarandache, & Diaz-Bohorquez, 2019). Se propone a los investigadores interesados en la toma de decisiones no sólo aplicadas a la cadena de suministro, sino a diferentes campos de la administración, a crear sus propios sistemas expertos probabilísticos neutrosóficos basados en la metodología propuesta en la presente investigación y a mejorarla para ser compartida con los tomadores de decisión alrededor del mundo.

Se comprueba también una vez más, que el uso de sistemas expertos permite transferir a una máquina toda la experticia y todo el conocimiento de personas que han dedicado años a estudiar o a aprender de forma empírica sobre un tema específico con la capacidad de procesamiento de un computador de última generación, lo cual se puede convertir en un aliado en el momento de tomar decisiones difíciles.

Se espera que el campo de la teoría neutrosófica continúe en auge para utilizar los avances en sus conceptos teóricos, matemáticos y lógicos en aplicaciones como la propuesta en la presente investigación para continuar avanzando hacia un mundo cada vez más competitivo, con una menor proporción de errores y desperdicios que permita una mejor calidad de vida para todos los seres humanos.

Referencias bibliográficas

Abdel-Baset, M., Chang, V., Gamal, A., & Smarandache, F. (2019). An integrated neutrosophic ANP and VIKOR method for achieving sustainable supplier selection: A case study in importing field. *COMPUTERS IN INDUSTRY*, *106*, 94–110. https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.12.017

Abdel-Basset, M., Gunasekaran, M., Mohamed, M., & Chilamkurti, N. (2019). A framework for risk assessment, management and evaluation: Economic tool for quantifying risks in supply chain. *FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS-THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ESCIENCE*, *90*, 489–502. https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.035

Abdel-Basset, M., & Mohamed, R. (2020). A novel plithogenic TOPSIS- CRITIC model for sustainable supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, *247*, 119586. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119586

Akkawuttiwanich, P., & Yenradee, P. (2018). Fuzzy QFD approach for managing SCOR performance indicators. *Computers and Industrial Engineering*, *122*(May), 189–201. https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.05.044

Atanassov, K. (1986). *Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems.*

Atanassov, K. (1999). *Intuitionistic Fuzzy: Sets, Theory and Applications.* Springer.

Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, *253*(1), 1–13.

Bal, M., Shalla, M., & Olgun, N. (2018). Neutrosophic triplet cosets and quotient groups.

Symmetry, *10*(4), 126.

Banco Mundial. (2019). Índice de Desempeño Logístico. Retrieved from https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ?locations=CO

Basha, S. H., Tharwat, A., Abdalla, A., & Hassanien, A. E. (2019). Neutrosophic rule-based prediction system for toxicity effects assessment of biotransformed hepatic drugs. *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS*, *121*, 142–157. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.12.014

Bernstein, P. L. (1996). The new religion of risk management. *Harvard Business Review*, *74*(2), 47.

Bower, J. (1970). *Managing the Resource Allocation Process: A Study of Corporate Planning and Investment.* Harvard Business School.

Castillo, E., Gutiérrez, J. M., & Hadi, A. S. (1997). Expert systems and probabilistic network models. 1997. In *NY: Springer*.

Celik, O. C., & Ellingwood, B. R. (2010). Seismic fragilities for non-ductile reinforced concrete frames – Role of aleatoric and epistemic uncertainties. *Structural Safety*, *32*(1), 1–12. https://doi.org/10.1016/J.STRUSAFE.2009.04.003

Cheng, Q., Wang, S., & Yan, C. (2016). Robust optimal design of chilled water systems in buildings with quantified uncertainty and reliability for minimized life-cycle cost. *ENERGY AND BUILDINGS*, *126*, 159–169. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.032

Chorfi, Z., Benabbou, L., & Berrado, A. (2018). An integrated performance measurement framework for enhancing public health care supply chains. *Supply Chain Forum: An*

International Journal, *19*(3), 191–203.

Colicchia, C., & Strozzi, F. (2012). Supply chain risk management: a new methodology for a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, *17*(4), 403–418.

Council of Supply Chain Management Professionals. (2012). Supply Chain Operations Reference Model (SCOR) revision 11.0. *The Supply Chain Council, SCOR: The Supply Chain Reference*.

Craighead, C. W., Blackhurst, J., Rungtusanatham, M. J., & Handfield, R. B. (2007). The severity of supply chain disruptions: design characteristics and mitigation capabilities. *Decision Sciences*, *38*(1), 131–156.

CVN. (2019). Sector manufacturero colombiano más optimista en el 2019. *Noticias Comercio Exterior*.

Dawid, A. P. (1992). Applications of a general propagation algorithm for probabilistic expert systems. *Statistics and Computing*, *2*(1), 25–36. https://doi.org/10.1007/BF01890546

Del Brio, B. M., & Molina, A. S. (2001). *Redes neuronales y sistemas borrosos*. Ra-ma.

Diehl, D., & Spinler, S. (2013). Defining a common ground for supply chain risk management - a case study in the fast-moving consumer goods industry. *INTERNATIONAL JOURNAL OF LOGISTICS-RESEARCH AND APPLICATIONS*, *16*(4), 311–327. https://doi.org/10.1080/13675567.2013.813443

Duell, M., Grzybowska, H., Rey, D., & Waller, S. T. (2019). Strategic dynamic traffic assignment incorporating travel demand uncertainty. *TRANSPORTMETRICA B-*

TRANSPORT DYNAMICS, *7*(1), 950–966. https://doi.org/10.1080/21680566.2018.1519468

Estampe, D., Lamouri, S., Paris, J. L., & Brahim-Djelloul, S. (2013). A framework for analysing supply chain performance evaluation models. *International Journal of Production Economics*, *142*(2), 247–258. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.11.024

Fishburn, P. C. (1984). Foundations of Risk Measurement. I. Risk As Probable Loss. *Management Science*, *30*(4), 396–406. https://doi.org/10.1287/mnsc.30.4.396

Haibin, W., Smarandache, F., Zhang, Y., & Sunderraman, R. (2010). *Single valued neutrosophic sets*. Infinite Study.

Haimes, Y. Y., Kaplan, S., & Lambert, J. H. (2002). Risk Filtering, Ranking, and Management Framework Using Hierarchical Holographic Modeling. *Risk Analysis*, *22*(2), 383–397. https://doi.org/10.1111/0272-4332.00020

Haveman, H. (1992). Between a rock and a hard place: Organizational change and performance under conditions of fundamental environmental transformation. *Administrative Science Quarterly*, *37*, 37–45.

Heckman, C. R., Hsieh, M. A., & Schwartz, I. B. (2015). Going With the Flow: Enhancing Stochastic Switching Rates in Multigyre Systems. *JOURNAL OF DYNAMIC SYSTEMS MEASUREMENT AND CONTROL-TRANSACTIONS OF THE ASME*, *137*(3, SI). https://doi.org/10.1115/1.4027828

Helbing, D., Armbruster, D., Mikhailov, A., & Lefeber, E. (2006). Information and material flows in complex networks. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *363*(1).

Henderson, R., & Clark, K. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing

product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, *35*, 9–31.

Hidalgo, P., Manzur, E., Olavarrieta, S., & Farías, P. (2007). Cuantificación de las distancias culturales entre paises: un análisis de Latinoamérica. *Cuadernos de Administración*, *20*(33).

Ho, W., Zheng, T., Yildiz, H., & Talluri, S. (2015). Supply chain risk management: a literature review. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, *53*(16), 5031–5069. https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1030467

Jensen, F. V. (1988). Junction trees and decomposable hypergraphs. *Judex Datasystemer, Aalborg, Denmark., Tech. Rep*.

Kaplan, S. (2008). Framing Contests: Strategy Making Under Uncertainty. *ORGANIZATION SCIENCE*, *19*(5), 729–752. https://doi.org/10.1287/orsc.1070.0340

Kester, Q. (2013). Application of Formal Concept Analysis to Visualization of the Evaluation of Risks Matrix in Software Engineering Projects. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research*, *2*(1).

Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications* (Vol. 574). Prentice Hall PTR New Jersey.

Knight, F. (1965). Risk, Uncertainty and Profit. *New York: Harper and Row.*

Kurmann, A. (2005). Quantifying the uncertainty about the fit of a new Keynesian pricing model. *JOURNAL OF MONETARY ECONOMICS*, *52*(6), 1119–1134. https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2005.08.004

Lauritzen, S. L., & Spiegelhalter, D. J. (1988). Local Computations with Probabilities on

Graphical Structures and Their Application to Expert Systems. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, *50*(2), 157–194. https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1988.tb01721.x

Liu, B., & Iwamura, K. (1998). Chance constrained programming with fuzzy parameters. *Fuzzy Sets and Systems*, *94*(2), 227–237. https://doi.org/10.1016/S0165-0114(96)00236-9

Mohajeri, A., & Fallah, M. (2016). A carbon footprint-based closed-loop supply chain model under uncertainty with risk analysis: A case study. *TRANSPORTATION RESEARCH PART D-TRANSPORT AND ENVIRONMENT*, *48*, 425–450. https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.09.001

Morgan, M., Henrion, M., & Small, M. (1992). *Uncertainty: a guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis*.

Neiger, D., Rotaru, K., & Churilov, L. (2009). Supply chain risk identification with value-focused process engineering. *Journal of Operations Management*, *27*(2), 154–168.

Norman, A., & Lindroth, R. (2004). Categorization of Supply Chain Risk and Risk Management. *Supply Chain Risk*.

Ntabe, E. N., LeBel, L., Munson, A. D., & Santa-Eulalia, L. A. (2015). A systematic literature review of the supply chain operations reference (SCOR) model application with special attention to environmental issues. *International Journal of Production Economics*, *169*, 310–332. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.08.008

Oliver, R. K., & Webber, M. D. (1982). Supply-chain management: logistics catches up with strategy. *Outlook*, *5*(1), 42–47.

Parlitz, U., Schumann-Bischoff, J., & Luther, S. (2014). Quantifying uncertainty in state and parameter estimation. *PHYSICAL REVIEW E*, *89*(5). https://doi.org/10.1103/PhysRevE.89.050902

Paulsson, U. (2004). Supply Chain Risk Management. In *Supply Chain Risk* (pp. 79–90).

Phillips, E. G., & Elman, H. C. (2015). A stochastic approach to uncertainty in the equations of MHD kinematics. *JOURNAL OF COMPUTATIONAL PHYSICS*, *284*, 334–350. https://doi.org/10.1016/j.jcp.2014.12.002

Procolombia. (2016). La manufactura en Colombia.

Rajesh, R. (2020). A grey-layered ANP based decision support model for analyzing strategies of resilience in electronic supply chains. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *87*(March 2018), 103338. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.103338

Rajesh, R., & Ravi, V. (2015). Modeling enablers of supply chain risk mitigation in electronic supply chains: A Grey--DEMATEL approach. *Computers & Industrial Engineering*, *87*, 126–139.

Ramalho, F. D., Ekel, P. Y., Pedrycz, W., Pereira Junior, J. G., & Soares, G. L. (2019). Multicriteria decision making under conditions of uncertainty in application to multiobjective allocation of resources. *INFORMATION FUSION*, *49*, 249–261. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2018.12.010

Ritchie, B., & Brindley, C. (2007). Supply chain risk management and performance: A guiding framework for future development. *International Journal of Operations & Production Management*, *27*(3).

Rojas-Gualdron, R., Smarandache, F., & Diaz-Bohorquez, C. (2019). Aplicación de la teoría neutrosófica para el tratamiento de la incertidumbre en la gestión del riesgo en la cadena de suministro. *Aglala*, *10*(2), 1–19. https://doi.org/https://doi.org/10.22519/22157360.1429

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1979). Estimating technological coefficients by the analytic hierarchy process. *Socio-Economic Planning Sciences*, *13*(6), 333–336.

Samaniego, Á. (2010). Incertidumbre en los proyectos de investigación y desarrollo (I+D): Un estudio de la literatura. *Contaduría y Administración*.

Smarandache, F. (1995). *Neutrosophic logic and set, mss.*

Smarandache, F. (1999). *A unifying field in logics. neutrosophy: Neutrosophic probability, set and logic*. American Research Press, Rehoboth.

Smarandache, F. (2002). Neutrosophy, A New Branch of Philosophy. *Multiple Valued Logic*, *8*(3), 297–384.

Smarandache, F. (2003). *A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability: Neutrosophic Logic: Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability*. Infinite Study.

Smarandache, F, & Leyva-Vasquez, M. (2018). Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y supapel en la inteligencia artificial. *Neutrosophic Computing and Machine Learning*.

Smarandache, Florentin. (2014). *Introduction to neutrosophic statistics*. Infinite Study.

Smith, K., & Grimm, C. (1987). Environmental variation, strategic change and firm performance: A study of railroad deregulation. *Strategic Management Journal*, *8*, 363–37.

Smith, P. (2019). Exploring public transport sustainability with neutrosophic logic. *TRANSPORTATION PLANNING AND TECHNOLOGY*, *42*(3), 257–273. https://doi.org/10.1080/03081060.2019.1576383

Sodhi, M. S., Son, B.-G., & Tang, C. S. (2012). Researchers' Perspectives on Supply Chain Risk Management. *PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT*, *21*(1), 1–13. https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2011.01251.x

Tang, C. S. (2006). Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. *International Journal of Logistics Research and Applications*, *9*(1), 33–45. https://doi.org/10.1080/13675560500405584

Thun, J.-H., & Hoenig, D. (2011). An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. *International Journal of Production Economics*, *131*(1), 242–249. https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2009.10.010

Trkman, P., Oliveira, M. P. V. de, & McCormack, K. (2016). Value-oriented supply chain risk management: you get what you expect. *Industrial Management & Data Systems*, *116*(5), 1061–1083.

Tummala, R., & Schoenherr, T. (2011). Assessing and managing risks using the supply chain risk management process (SCRMP). *Supply Chain Management: An International Journal*, *16*(6), 474–483.

Wang, H., Wang, C., Wang, Y., Gao, X., & Yu, C. (2017). Bayesian forecasting and uncertainty quantifying of stream flows using Metropolis–Hastings Markov Chain Monte Carlo algorithm. *Journal of Hydrology*, *549*, 476–483. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2017.03.073

Ye, J. (2019). PID Tuning Method Using Single-Valued Neutrosophic Cosine Measure and Genetic Algorithm. *INTELLIGENT AUTOMATION AND SOFT COMPUTING*, *25*(1), 15–23.

Yoon, K., & Hwang, C. L. (1981). TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution)--a multiple attribute decision making, w: Multiple attribute decision making--methods and applications, a state-of-the-at survey. *A State-of-the-at Survey*, 128–140.

Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, *8*(3), 338–353.

Zadeh, L. . (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, *1*(1), 3–28. https://doi.org/10.1016/0165-0114(78)90029-5

Zuber, J., Cabral, B. J., McFadyen, I., Mauger, D. M., & Mathews, D. H. (2018). Analysis of RNA nearest neighbor parameters reveals interdependencies and quantifies the uncertainty in RNA secondary structure prediction. *RNA*, *24*(11), 1568–1582. https://doi.org/10.1261/rna.065102.117