

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PILAR

FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS

Prof. Mgtr. Jorge Tomás Fornerón Martínez, **Decano**

Prof. MSc. Miguel Angel Delpino Aguayo, **Vicedecano**

Miembro del Consejo Directivo

Dra. Luisa Gamarra, consejera Docente

Lic. Luis Alberto Fossati Dávalos, consejero Docente

Ing. Rubén Darío Fornerón Portillo, consejero Docente

Lic. Juan Mora, consejero Docente

MSc. Miguel Angel Benítez, consejero Docente

Lic. Sonia Escobar, Consejera no Docente

Est. Johana Pérez, Representante Estudiantil

Est. Malena del Pilar Gamarra Gaona, Representante Estudiantil

Editor Responsable

Dra. Nelida Soria Rey

Comité Editorial

Dra. Lourdez Sanchezde Velaustegui

MSc. María Elena López de Silva

MSc. Miguel Angel Delpino Aguayo



Presentación

Continuamos el proceso de publicación de los trabajos de las tesis aprobadas en el contexto del programa de Maestría en Informática y Computación, presentadas por integrantes que conforman el Grupo de Investigación en Sistemas Distribuidos de la Facultad de Ciencias Aplicadas.

En el presente número especial, que es el tercero de la serie, se publica la tesis del Magíster **César Alberto Silva Ruiz**, referido al tema “Imputación de datos en la gestión de recursos compartidos en sistemas distribuidos”, desarrollado con el propósito de contribuir al conocimiento y/o aportar soluciones innovadoras al problema planteado.

Nélida Soria Rey

Editora

Editorial

El avance tecnológico y la creciente demanda de recursos en Internet han llevado a un punto crítico en la gestión del tráfico de redes de datos. En este contexto, el trabajo de investigación desarrollado por César Alberto Silva Ruiz aborda un desafío crucial, como es desarrollar un modelo de decisión innovador para optimizar el control del tráfico en redes de datos de Internet. La propuesta del estudio se centra en la implementación de un modelo basado en etiquetas lingüísticas y 2-tuplas donde la metodología contrasta significativamente con los enfoques tradicionales, ofreciendo una perspectiva cualitativa en la toma de decisiones. La relevancia de este enfoque radica en su capacidad para gestionar de manera más eficiente y dinámica la información de control, especialmente en situaciones donde la toma de decisiones se vuelve compleja debido a la variabilidad y la incertidumbre de las condiciones de la red. Uno de los aspectos más destacados del estudio es cómo aborda el problema de las decisiones de enrutamiento en redes ya que en la mayoría de los modelos actuales, estas decisiones se basan en criterios cuantitativos que a menudo no reflejan completamente el estado real de la red. Sin embargo, al utilizar etiquetas lingüísticas y 2-tuplas, el modelo propuesto permite una interpretación más rica y matizada de los estados de los nodos, lo que conlleva a decisiones de gestión de tráfico más efectivas. Por otro lado, el trabajo también se adentra en el desafío de controlar la congestión del tráfico a través de etiquetas lingüísticas, donde es posible clasificar de manera más efectiva el estado de los nodos, paquetes y enlaces, lo que facilita la implementación de criterios más adecuados para la gestión de la congestión. Esta aproximación no solo mejora la eficiencia del tráfico, sino que también contribuye a la seguridad de la red, un aspecto de creciente preocupación en la era digital. Finalmente, la evaluación comparativa de los modelos desarrollados con los métodos convencionales revela su potencial para mejorar significativamente la gestión del tráfico en redes, por lo que esta investigación no solo aporta una solución innovadora a un problema persistente, sino que también abre nuevos caminos para futuras investigaciones en el campo de la gestión de redes. Se invita especialmente a los lectores de este número a profundizar en este estudio y a considerar las implicaciones y aplicaciones de estas investigaciones en su propio trabajo.

Rafaela, 25 de diciembre de 2023.

Dr. Javier Fornari

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PILAR

FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS



**Gestión del Tráfico en Redes de Datos utilizando Etiquetas Lingüísticas y
2-Tuplas**

César Alberto Silva Ruiz

Orientador: **Prof. Mgter. Federico Agostini**

Coorientador: **Prof. Dr. David La Red Martínez**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Pilar,
para la obtención del Grado de Magíster en Informática y Computación, correspondiente al
Programa de Maestría en Informática y Computación.

PILAR – PARAGUAY

DICIEMBRE 2021



Gestión del Tráfico Redes de Datos utilizando Etiquetas Lingüísticas y 2-Tuplas

César Alberto Silva Ruiz

Orientador: **Prof. Mgter. Federico Agostini**

Coorientador: **Prof. Dr. David La Red Martínez**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Pilar, para la obtención del Grado de Magíster en Informática y Computación, correspondiente al Programa de Maestría en Informática y Computación.

PILAR – PARAGUAY

DICIEMBRE 2021

César Alberto Silva Ruiz. (2021). **Gestión del Tráfico en Redes de Datos utilizando Etiquetas Lingüísticas y 2-Tuplas**. César Alberto Silva Ruiz. 170 p.: il.

Orientador: Prof. Mgter. Federico Agostini

Coorientador: Prof. Dr. David La Red Martínez

Tesis académica de Magíster en Informática y Computación - Facultad de Ciencias Aplicadas -
Universidad Nacional de Pilar



GESTIÓN DEL TRÁFICO EN REDES DE DATOS UTILIZANDO ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS Y 2-TUPLAS

CÉSAR ALBERTO SILVA RUIZ

Aprobado en fecha:

Tribunal Examinador: _____

Prof. Mgter. FEDERICO AGOSTINI

Orientador

Prof. Dr. DAVID LA RED MARTINEZ

Coorientador

Sello

Prof. Mgter. JORGE FORNERÓN

Decano

Dedicatoria

En primer lugar a Dios, por darme la oportunidad de cumplir esta meta.

A mi familia, por ser la principal fuente de motivación para la conclusión de esta tarea académica:

A mis padres Isabel y Alberto, por el apoyo y comprensión, que mediante la ayuda recibida por parte de ellos, he podido sobrellevar todas mis responsabilidades durante la elaboración de este trabajo de tesis.

A mi hijo Alberto Ezequiel, mi mayor motivación, pensando siempre en darle la mejor calidad de vida, como también darle una buena imagen para que el día de mañana no le falte voluntad y oportunidad de estudiar y sobresalir.

A mis hermanas Lilian y Lucía, por el cariño que siempre me han brindado, el aliento incondicional constante, que motiva esforzarme cada día, a mis cuñados por el apoyo de siempre, y mis sobrinos y sobrina, quienes también me incentivan con sus alegrías en el día a día.

A mis verdaderos amigos y amigas, quienes siempre me brindaron apoyo y acompañamiento en todo este proceso de trabajo académico.

Agradecimiento

Al Prof. Mgter. Federico Agostini, Orientador de Tesis, que con mucha responsabilidad, seriedad, en su rol de buen docente, me ha asistido en este trabajo brindándome las indicaciones oportunas desde el primer momento, y por todo el tiempo que me ha dedicado para indagar y conocer esta asignatura científica. Es el gran responsable de posibilitar, que yo pueda hacer este aporte a la ciencia.

Al Prof. Dr. David Luis La Red Martínez, Coorientador de Tesis, director del programa Maestría en Informática y Computación, quien, por sus conocimientos, experiencia, su manera de trabajar, su paciencia, sus consejos e indicaciones y su motivación, fueron incentivando y moldeando mi formación como investigador.

Al Prof. Mgter. Jorge Fornerón, por hacer posible que la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Pilar, desarrolle esta Maestría en la ciudad de Pilar, y al Prof. Lic. Cayetano Barrios, quien me ha abierto las puertas de su casa para brindarme asistencia en los módulos de la carrera.

Para ellos, mi admiración y especial gratitud.

Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice	iii
Lista de tablas	v
Listado de figuras	xiii
Resumen	xiv
Capítulo I - Introducción.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. El problema	2
1.3. Objetivos	4
1.4. Hipótesis, objeto y objetivos	6
1.5. Antecedentes	6
1.6. Encuadre o Marco Teórico	7
1.7. Relevancia	14
1.8. Metodología	15
1.9. Estructura de la Tesis	18
1.10. Discusiones y Comentarios	19
Capítulo II – Operador de agregación definido para el escenario 1 (E1)	21
2.1. Introducción	21
2.2. Hipótesis y objetivos.....	21
2.3. Propuesta de solución	22
2.4. Descripción del operador de agregación	25
2.5. Ejemplo	40
2.6. Evaluación.....	71
2.7. Discusiones y comentarios	72
Capítulo III - Operador de agregación definido para el escenario 2 (E2)	73
3.1. Introducción	73
3.2. Hipótesis y objetivos.....	73
3.3. Propuesta de solución	73
3.4. Descripción del operador de agregación	74
3.6. Evaluación.....	86

3.7.	Discusiones y comentarios	87
Capítulo IV – Operador de agregación definido para el escenario 3 (E3).....		88
4.1.	Introducción	88
4.2.	Hipótesis y Objetivos.....	88
4.3.	Propuesta de solución	88
4.4.	Descripción del operador de agregación	89
4.5.	Ejemplo de asignación de rutas a paquetes	89
4.6.	Evaluación.....	101
4.7.	Discusiones y comentarios	102
Capítulo V – Comparaciones de resultados.....		103
5.1.	Introducción	103
5.2.	Un método tradicional para despachar paquetes en redes	103
5.3.	Ejemplo de método tradicional.....	104
5.4.	Comparativa de resultados.....	117
5.5.	Discusiones y comentarios	124
Capítulo VI – Modelo de decisión.....		126
6.1.	Introducción	126
6.2.	Operador de agregación del modelo de decisión	126
6.4.1.	Identificar el propósito del problema	127
6.4.2.	Identificar las alternativas.....	127
6.4.3.	Considerar la información general de todo el sistema.....	127
6.3.	Modelo de decisión propuesto.....	130
6.4.	Consideraciones del modelo de decisión propuesto	132
6.5.	Consideraciones acerca de las operaciones de agregación	133
6.6.	Discusiones y comentarios	135
Capítulo VII – Conclusiones y futuras líneas de investigación		136
7.1.	Conclusiones	136
7.2.	Futuras líneas de investigación.....	139
Referencias.....		141
Apéndice de publicaciones.....		151

Lista de tablas

Tabla 1. Conjunto de etiquetas lingüísticas	17
Tabla 2. Paquetes alojados en los nodos	22
Tabla 3. Prioridades según el tipo de paquete	23
Tabla 4. Rutas posibles disponibles.....	23
Tabla 5. Enlaces en cada ruta	24
Tabla 6. Conjunto de etiquetas que representan los valores	27
Tabla 7. Conjunto de etiquetas con su valor más probable	27
Tabla 8. Criterios para el cálculo de carga computacional	28
Tabla 9. Pesos asignados a los criterios para calcular la prioridad nodal	29
Tabla 10. Información nodal respecto a los criterios establecidos para cada nodo	30
Tabla 11. Valores de los criterios nodales multiplicados por el vector de pesos asociado a la carga computacional ...	30
Tabla 12. Cálculo de los valores máximo, mínimo y el rango	30
Tabla 13. Valores de la Tupla Nodal multiplicada normalizada (TNmn)	31
Tabla 14. Valores de la Tupla de Prioridad Nodal (TPN) y la Tupla de Prioridad Nodal normalizada (TPNn)	31
Tabla 15. Criterios para el cálculo de carga de enlace	32
Tabla 16. Pesos asignados a los criterios para calcular la prioridad de enlaces	32
Tabla 17. Valores de los criterios de enlaces multiplicados por el vector de pesos asociado a la carga de enlace	33
Tabla 18. Cálculo de los valores máximo, mínimo y el rango	33
Tabla 19. Valores de la Tupla Enlace multiplicada normalizada (TEmn).....	33
Tabla 20. Valores de la Tupla de Prioridad Nodal (TPE) y la Tupla de Prioridad Nodal normalizada (TPEn)	33
Tabla 21. Enlaces en cada ruta	34
Tabla 22. Número de saltos de cada ruta.....	34
Tabla 23. Prioridades nodales, de enlaces y saltos	35
Tabla 24. Pesos finales representados en 2-tuplas.....	36
Tabla 25. Pesos finales normalizados representados en 2-tuplas	37
Tabla 26. Prioridades nodales, de enlaces y saltos de los paquetes para acceder a cada ruta, representados en 2-tuplas	38
Tabla 27. Tupla de Prioridad Global Final sumada (TPGFs).....	38
Tabla 28. Valoraciones para normalizar la FARDL	39
Tabla 29. Función de asignación de rutas disponibles lingüísticas normalizada.....	39
Tabla 30. Prioridad final ordenada de asignación de rutas a paquetes en la primera iteración (FARDLno).....	39
Tabla 31. Paquetes en cada nodo.....	42
Tabla 32. Prioridades de tipos de paquetes.....	43
Tabla 33. Conjunto de paquetes y paquetes independientes con sus prioridades.	43
Tabla 34. Rutas disponibles entre nodos	43
Tabla 35. Enlaces disponibles en rutas posibles.....	44
Tabla 36. Rutas posibles según solicitud de los paquetes.	46

Tabla 37. Propuestas para valorar la prioridad	47
Tabla 38. Conjunto de siete etiquetas con su valor más probable	47
Tabla 39. Valores de los criterios para medir la carga computacional en cada nodo	48
Tabla 40. Conjunto de etiquetas que expresan las categorías.....	49
Tabla 41. Conjunto de etiquetas con su valor medio.....	49
Tabla 42. Valores de las categorías para medir la carga computacional en cada nodo destino	49
Tabla 43. Pesos asignados a los criterios para calcular la prioridad o preferencia que cada nodo otorgará a cada requerimiento de posible ruta para cada paquete según la carga del nodo	50
Tabla 44. Criterios para el cálculo de la prioridad nodal.....	50
Tabla 45. Resultado de la multiplicación de los criterios por el vector de pesos asociado a cada uno	50
Tabla 46. Valoraciones utilizadas para la normalización	51
Tabla 47. Valores normalizados	51
Tabla 48. Prioridades nodales normalizadas	51
Tabla 49. Valores de los criterios para medir el estado de cada enlace representados en 2-tuplas	52
Tabla 50. Valores de las categorías para medir el estado de cada enlace	53
Tabla 51. Pesos asignados a los criterios para calcular la prioridad o preferencia que cada enlace otorgará a cada requerimiento de posible ruta para cada paquete el estado de cada enlace	54
Tabla 52. Valores de los criterios multiplicados por el vector de pesos asociado.....	54
Tabla 53. Valoraciones para normalizar la Tabla 52	55
Tabla 54. Valores de los criterios multiplicados por el vector de pesos asociado.....	55
Tabla 55. Prioridades de enlaces normalizadas	55
Tabla 56. Valores de los números de saltos de cada ruta	56
Tabla 57. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	58
Tabla 58. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	58
Tabla 59. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	58
Tabla 60. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1	58
Tabla 61. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	58
Tabla 62. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	59
Tabla 63. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	59
Tabla 64. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	59
Tabla 65. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	60
Tabla 66. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	60
Tabla 67. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	61
Tabla 68. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1	61
Tabla 69. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	61
Tabla 70. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	61
Tabla 71. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	61
Tabla 72. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	61
Tabla 73. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	62

Tabla 74. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	62
Tabla 75. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	62
Tabla 76. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1	62
Tabla 77. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	62
Tabla 78. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	62
Tabla 79. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	62
Tabla 80. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	62
Tabla 81. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas	63
Tabla 82. Valoraciones para normalizar la FARDL	63
Tabla 83. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada	63
Tabla 84. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas.....	64
Tabla 85. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	64
Tabla 86. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	65
Tabla 87. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	65
Tabla 88. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	65
Tabla 89. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	65
Tabla 90. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	65
Tabla 91. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	65
Tabla 92. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), segunda asignación	66
Tabla 93. Valoraciones para normalizar la FARDL	66
Tabla 94. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), segunda asignación...	66
Tabla 95. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), segunda asignación.....	67
Tabla 96. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	67
Tabla 97. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	67
Tabla 98. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	67
Tabla 99. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	67
Tabla 100. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), tercera asignación	68
Tabla 101. Valoraciones para normalizar la FARDL	68
Tabla 102. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), tercera asignación...	68
Tabla 103. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), tercera asignación.....	69
Tabla 104. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	69
Tabla 105. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), cuarta asignación	70
Tabla 106. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), cuarta asignación	70
Tabla 107. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), cuarta asignación.....	70
Tabla 108. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	75
Tabla 109. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	75

Tabla 110. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	75
Tabla 111. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1	76
Tabla 112. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	76
Tabla 113. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	76
Tabla 114. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	76
Tabla 115. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	76
Tabla 116. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	77
Tabla 117. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	77
Tabla 118. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	77
Tabla 119. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1	77
Tabla 120. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	78
Tabla 121. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	78
Tabla 122. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	78
Tabla 123. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	78
Tabla 124. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas	78
Tabla 125. Valoraciones para normalizar la FARDL	79
Tabla 126. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada	79
Tabla 127. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada	79
Tabla 128. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	80
Tabla 129. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	80
Tabla 130. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	80
Tabla 131. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	80
Tabla 132. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	80
Tabla 133. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	80
Tabla 134. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	81
Tabla 135. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), segunda asignación	81
Tabla 136. Valoraciones para normalizar la FARDL	81
Tabla 137. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), segunda asignación	82
Tabla 138. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), segunda asignación	82
Tabla 139. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	83
Tabla 140. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	83
Tabla 141. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	83
Tabla 142. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	83
Tabla 143. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), tercera asignación	83
Tabla 144. Valoraciones para normalizar la FARDL	84
Tabla 145. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), tercera asignación	84
Tabla 146. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), tercera asignación	84

Tabla 147. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	85
Tabla 148. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), cuarta asignación	85
Tabla 149. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), cuarta asignación	85
Tabla 150. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), cuarta asignación.....	86
Tabla 151. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	90
Tabla 152. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	90
Tabla 153. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	90
Tabla 154. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1	90
Tabla 155. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	91
Tabla 156. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	91
Tabla 157. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	91
Tabla 158. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	91
Tabla 159. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	92
Tabla 160. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	92
Tabla 161. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	92
Tabla 162. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1	92
Tabla 163. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	92
Tabla 164. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	93
Tabla 165. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	93
Tabla 166. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	93
Tabla 167. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas	93
Tabla 168. Valoraciones para normalizar la FARDL	94
Tabla 169. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada	94
Tabla 170. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada.....	94
Tabla 171. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	95
Tabla 172. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	95
Tabla 173. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	95
Tabla 174. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	95
Tabla 175. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	95
Tabla 176. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	95
Tabla 177. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	95
Tabla 178. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), segunda asignación	96
Tabla 179. Valoraciones para normalizar la FARDL	96
Tabla 180. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), segunda asignación	97
Tabla 181. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), segunda asignación.....	97
Tabla 182. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	97
Tabla 183. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	98

Tabla 184. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	98
Tabla 185. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	98
Tabla 186. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), tercera asignación	98
Tabla 187. Valoraciones para normalizar la FARDL	98
Tabla 188. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), tercera asignación...	99
Tabla 189. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), tercera asignación.....	99
Tabla 190. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	100
Tabla 191. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), cuarta asignación	100
Tabla 192. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), cuarta asignación..	100
Tabla 193. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), cuarta asignación.....	101
Tabla 194. Prioridades nodales sin datos	105
Tabla 195. Prioridades de enlaces sin datos	105
Tabla 196. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	106
Tabla 197. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	106
Tabla 198. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	106
Tabla 199. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1	106
Tabla 200. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	106
Tabla 201. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	106
Tabla 202. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	106
Tabla 203. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	106
Tabla 204. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	107
Tabla 205. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	107
Tabla 206. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	108
Tabla 207. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1	108
Tabla 208. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	108
Tabla 209. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	108
Tabla 210. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	108
Tabla 211. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	108
Tabla 212. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas.....	109
Tabla 213. Valores para normalizar la FARDL	109
Tabla 214. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada	109
Tabla 215. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada.....	110
Tabla 216. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	110
Tabla 217. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	110
Tabla 218. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7	110
Tabla 219. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1	110
Tabla 220. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	111

Tabla 221. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	111
Tabla 222. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1	111
Tabla 223. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), segunda asignación	111
Tabla 224. Valoraciones para normalizar la FARDL	112
Tabla 225. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), segunda asignación	112
Tabla 226. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), segunda asignación.....	112
Tabla 227. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7	113
Tabla 228. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7	113
Tabla 229. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	113
Tabla 230. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1	113
Tabla 231. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), tercera asignación	113
Tabla 232. Valoraciones para normalizar la FARDL	114
Tabla 233. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), tercera asignación .	114
Tabla 234. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), tercera asignación.....	114
Tabla 235. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1	115
Tabla 236. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), cuarta asignación	115
Tabla 237. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), cuarta asignación	116
Tabla 238. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), cuarta asignación	116
Tabla 239. Comparación de asignación de ruta al paquete p6111.....	117
Tabla 240. Comparación de asignación de ruta al paquete p1712.....	117
Tabla 241. Comparación de asignación de ruta al paquete p7112.....	118
Tabla 242. Comparación de asignación de ruta al paquete p7113.....	118
Tabla 243. Comparación de asignación de ruta al paquete p1711.....	118
Tabla 244. Comparación de asignación de ruta al paquete p7111.....	119
Tabla 245. Comparación de asignación de ruta al paquete p6113.....	119
Tabla 246. Comparación de asignación de ruta al paquete p1721.....	119
Tabla 247. Comparación de asignación de ruta al paquete p1713.....	120
Tabla 248. Comparación de asignación de ruta al paquete p6112.....	120
Tabla 249. Comparación de asignación de ruta al paquete p7114.....	121
Tabla 250. Comparación de asignación de ruta al paquete p6121.....	121
Tabla 251. Comparación de asignación de ruta al paquete p1722.....	121
Tabla 252. Comparación de asignación de ruta al paquete p6122.....	122
Tabla 253. Comparación de asignación de ruta al paquete p2713.....	122
Tabla 254. Comparación de asignación de ruta al paquete p4112.....	122
Tabla 255. Comparación de asignación de ruta al paquete p2711.....	123
Tabla 256. Comparación de asignación de ruta al paquete p2712.....	123

Tabla 257. Comparación de asignación de ruta al paquete p4111.....	123
Tabla 258. Comparación de asignación de ruta al paquete p7121.....	124

Listado de figuras

Fig. 1. Representación del conjunto de etiquetas	18
Fig. 2. Etapas del operador propuesto	26
Fig. 3. Esquema de datagramas.....	41
Fig. 4. Modelo de decisión propuesto para asignación de rutas a paquetes	132
Fig. 5. Modelo tradicional y modelo propuesto	133



GESTIÓN DE REDES DE DATOS UTILIZANDO ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS Y 2-TUPLAS

AUTOR: CÉSAR ALBERTO SILVA RUIZ
ORIENTADOR: PROF. MGTER. FEDERICO AGOSTINI
COORIENTADOR: PROF. DR. DAVID LA RED MARTINEZ

Resumen

Este trabajo de investigación, tiene el propósito mediante una investigación científica, determinar la propuesta para implementar un nuevo modelo de decisión que permita gestionar el control del tráfico en redes de datos en internet, siendo la información de control representada con etiquetas lingüísticas y 2-tuplas. En el tráfico de redes es necesario que los nodos deban tomar decisiones basados en acuerdos respecto del acceso a rutas disponibles; las decisiones pueden estar relacionadas con el estado de los nodos de acuerdo a criterios y aspectos de seguridad. Así surge el siguiente interrogante: ¿cuáles son los modelos de decisión y los operadores de agregación que habrá que generar para la toma de decisiones en la gestión de control del tráfico en redes de datos, para representarlos con etiquetas lingüísticas y 2-tuplas? Para ello se consideraron diferentes situaciones relacionadas con el hecho de despachar o no los paquetes, con criterios para control de la congestión del tráfico en redes. Además, se crearon etiquetas lingüísticas que permitieron clasificar la información del estado de los nodos, paquetes, enlaces, etc.

Los modelos desarrollados se evaluaron comparando sus características con los modelos habitualmente utilizados. Esto permitió desarrollar mecanismos para optimizar la gestión del tráfico en redes de datos en internet, utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas para la toma de decisiones, dando un enfoque cualitativo a la información.

Palabras clave: Modelos de Decisión, Operadores de Agregación, Control de Concurrencia, Etiquetas Lingüísticas, Lógica Difusa, Computación con Palabras, Sistemas Autorregulados.



GESTIÓN DE REDES DE DATOS UTILIZANDO ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS Y 2-TUPLAS

AUTOR: CÉSAR ALBERTO SILVA RUIZ

ORIENTADOR: PROF. MGTER. FEDERICO AGOSTINI

COORIENTADOR: PROF. DR. DAVID LA RED MARTÍNEZ

Abstract

The purpose of this research work, through a scientific investigation, is to determine the proposal to implement a new decision model to manage traffic control in Internet data networks, being the control information represented with linguistic labels and 2-tuples. In network traffic it is necessary that nodes must make decisions based on agreements regarding access to available routes; decisions may be related to the status of the nodes according to criteria and security aspects. Thus the following question arises: what are the decision models and aggregation operators to be generated for decision making in traffic control management in data networks, to be represented with linguistic labels and 2-tuples? For this purpose, different situations related to the fact of dispatching or not dispatching packets with criteria for network traffic congestion control were considered. In addition, linguistic labels were created to classify information on the status of nodes, packets, links, etc.

The models developed were evaluated by comparing their characteristics with the models usually used. This allowed the development of mechanisms to optimize traffic management in Internet data networks, using linguistic labels and 2-tuples for decision making, giving a qualitative approach to the information.

Keywords: Decision Models, Aggregation Operators, Concurrency Control, Linguistic Tags, Fuzzy Logic, Computation with Words, Self-Regulating Systems.

Capítulo I - Introducción

1.1. Introducción

Actualmente, las computadoras son una parte muy importante en nuestras vidas, en una sociedad sumamente compleja, cuya característica principal es la comunicación, existe la necesidad de que la transmisión de información llegue al destino en el momento preciso. Esto se lleva a cabo mediante el uso de redes, y dentro de una arquitectura de red de datos, es la capa red, la encargada de llevar los paquetes de datos desde el origen hasta el destino (Ríos & La Red Martinez, 2019a).

Muchas de las actividades de nuestra sociedad actual han sido mejoradas o estimuladas por la introducción de las computadoras. Actualmente no importa lo que se haga, los sistemas de procesamiento de información están involucrados, en ambientes de teletrabajo como clases virtuales, gestión de expedientes electrónicos en el ámbito judicial, entre otros. Además, las redes y las comunicaciones de datos son los instrumentos usados para conectar computadoras/terminales para el procesamiento e intercambio de información.

El incremento y el avance de las redes informáticas, tiene como consecuencia la existencia de mucho tráfico de paquetes de datos, en consecuencia, se han propuesto modelos de decisión que permitan a los paquetes ser ruteados de acuerdo a criterios, y así ser enviados por la mejor ruta disponible a fin de llegar a destino (Ríos & La Red Martinez, 2019a).

En sistemas de decisiones, las computadoras están facultadas para trabajar con matemáticas precisas, para satisfacer los criterios propuestos en los mismos. Sin embargo, el cerebro razona con términos vagos derivados del sentido común, así como “esto es peligroso”, “esto es grande”, “esto es rápido”; por lo que se define que el ser humano reflexiona con facilidad los términos difusos, y no así las computadoras, por su procesamiento basado en cadenas de ceros

y unos (L. A. Zadeh, 1965).

En el mecanismo de elección utilizado en redes de telecomunicaciones, es necesario tener en cuenta la perspectiva desde dónde se está tomando la decisión, desde el punto de vista del nodo y desde el punto de vista de la red, como una articulación de las opiniones de los miembros, de manera similar a lo que ocurre en las relaciones humanas, en donde las acciones públicas están determinadas por los miembros de la sociedad; estas opiniones son agregadas constituyendo una preferencia social que refleja la opinión general de la sociedad (Gaertner, 2009), en este caso, la gestión de tráfico entre nodos. Para las decisiones en redes de tráfico de datos, las computadoras no son capaces de realizar pensamientos y decidir por instinto de sentido común como lo hace el ser humano, y para el efecto, no sería una solución a este dilema agregar más matemáticas, sino dar lugar a la lógica difusa, donde la información de los nodos y enlaces estarán representadas en etiquetas lingüísticas, debiendo operarse con ella mediante computación con palabras.

1.2. El problema

Planteamiento del problema

Las redes de datos en internet, presentan problemas de congestión en el tráfico de los datos, esto hace necesario sistemas de decisión que permitan afrontar este problema. Un modelo de decisión puede mejorar el enrutamiento de los paquetes teniendo en consideración ciertos criterios que influyan en la toma de decisión.

Considerando los aspectos mencionados precedentemente, surge el siguiente interrogante: ¿cuáles son los modelos de decisión y los operadores de agregación a desarrollar, para mejorar el control del tráfico en redes de datos, mediante la toma de decisiones inteligente, representando la información con etiquetas lingüísticas y 2-tuplas?. Para el efecto, se deberán considerar distintas situaciones relacionadas con el hecho de despachar los paquetes por la mejor ruta disponible que

éstos requieren, mediante criterios para el control de la congestión del tráfico en redes de datos en internet.

Enunciado preciso del eje de la situación problemática

Es necesario que para el enrutamiento de los paquetes, en los sistemas de control de tráfico de red en internet, se deba tomar decisiones basados en el acuerdo, las decisiones para las cuales deben alcanzar algún nivel de acuerdo pueden estar relacionadas con que los paquetes sean despachados por la mejor ruta disponible, considerando como estado de cada ruta el promedio de los estados de sus nodos, enlaces y número de saltos; el estado de su nodo y enlace más cargado y número de saltos; y, el promedio de los estados de un cierto porcentaje de sus nodos y enlaces más cargados y números de saltos. Para estos casos, los criterios de carga computacional de los nodos, enlaces, número de saltos, vectores de pesos, etc. podrán expresarse utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

Fuentes de interés

Las principales fuentes son las siguientes:

- a) Los métodos considerados tradicionales para la gestión del tráfico y control de la congestión en redes de datos de internet, (Floyd & Fall, 1999), (Ríos & La Red Martinez, 2019a) y otros.
- b) La lógica difusa y los conjuntos de etiquetas lingüísticas para representar el estado de variables (Chen, 2001), (Martinez et al., 2006), (Lu et al., 2007), (Doña et al., 2011), (La Red Martinez & Acosta, 2014), (La Red Martinez & Acosta, 2015), (Chao et al., 2016), (Dong, Zhang, et al., 2016b), y otros.
- c) Los operadores de agregación, entre ellos los operadores de la familia OWA, que podrán utilizarse para obtener valores agregados de variables lingüísticas difusas

(Yager, 1988), (Yager, 1993), (Fodor & Roubens, 1994), (Yager & Kacprzyk, 1997), (Chiclana et al., 2001), (Chiclana et al., 2004), (Pasi & Yager, 2003), (J. Peláez & Doña, 2003), (La Red Martínez et al., 2011), (Yager & Kacprzyk, 1997) y otros.

- d) Los modelos de seguridad para fines de confidencialidad, disponibilidad de información, entre otros (Ramaswamy, 1990), (Uzunov et al., 2015a), (S. Zhang, 2011), y otros.

Formulación del problema

¿Cuáles son los nuevos modelos de decisión que habrá que desarrollar incorporando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas para la toma de decisiones en la gestión del tráfico en redes?

Sistematización del problema

¿Cuáles son los nuevos modelos de decisión que habrá que desarrollar incorporando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas para la toma de decisiones en la gestión y control de la congestión del tráfico en redes, en las siguientes circunstancias?

- a) Que los paquetes de datos sean despachados considerando como estado de cada ruta, el promedio de los estados de sus nodos, enlaces y número saltos.
- b) Que los paquetes de datos sean despachados considerando como estado de cada ruta, el estado de su nodo y enlace más cargado, y número de saltos.
- c) Que los paquetes de datos sean despachados considerando como estado de cada ruta, el promedio de los estados de un cierto porcentaje de sus nodos y enlaces más cargados, y número de saltos.

1.3. Objetivos

Objetivo General

Generar modelos de decisión basados en etiquetas lingüísticas y 2-tuplas para la gestión

del tráfico en redes de datos.

Objetivos específicos

- Generar modelos de decisión y sus correspondientes operadores de agregación para la gestión del tráfico, estudiando la utilización de etiquetas lingüísticas y 2-tuplas para los siguientes tipos de situaciones:

- a) Que los paquetes de datos sean despachados considerando como estado de cada ruta, el promedio de los estados de sus nodos, enlaces y número de saltos.
- b) Que los paquetes de datos sean despachados considerando como estado cada ruta, el estado de su nodo y enlace más cargado, y número de saltos.
- c) Que los paquetes de datos sean despachados considerando como estado de cada ruta, el promedio de los estados de un cierto porcentaje de sus nodos y enlaces más cargados, y número de saltos.

- Comparar los modelos que se desarrollen con los modelos conocidos y generalmente aceptados de las ciencias de la computación.

Justificación

En los sistemas de control de tráfico de red en internet es necesario que los paquetes sean despachados por la mejor ruta disponible, considerando criterios para el enrutamiento de los paquetes de datos.

Por ese motivo, se plantea determinar los modelos de decisión y los operadores de agregación que se deberán generar para la toma de decisiones en la gestión del tráfico en redes de datos, incorporando la perspectiva cognitiva a los modelos clásicos para la toma de decisiones, permitiendo la utilización de etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

Para ello habrá que considerar diferentes situaciones relacionadas con el hecho de asignar

la mejor ruta posible a los paquetes en base a criterios.

1.4. Hipótesis, objeto y objetivos

Hipótesis

Si se utiliza etiquetas lingüísticas y 2-Tuplas se podrá desarrollar nuevos modelos de decisión para la gestión del tráfico en redes de datos.

Objeto

El objeto de investigación es la gestión del tráfico en redes, sus nodos, enlaces, rutas y paquetes, representando la información mediante etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

1.5. Antecedentes

Para la presente investigación se ha realizado una amplia búsqueda de antecedentes referidos a:

- a) Gestión de redes de datos.
- b) Operadores de agregación lingüísticos en el contexto de modelos de decisión.
- c) Modelos de seguridad para redes de datos de internet.
- d) Toma de decisiones en grupo y modelos de decisión.
- e) Operaciones con lógica difusa y etiquetas lingüísticas para expresar y evaluar carga de trabajo de los nodos, enlaces y rutas en las redes de datos.

Como resultado de dicha búsqueda se han encontrado varios antecedentes sustantivos, los cuales figuran en la bibliografía, pero, si bien el número de antecedentes es considerable, no se han encontrado antecedentes que traten simultáneamente estos temas para la toma de decisiones relacionada con gestión de seguridad y control de congestión en redes de datos utilizando lógica difusa y etiquetas lingüísticas. Por esta razón se considera que el trabajo de investigación propuesto

reúne las condiciones de originalidad necesarias, siendo además relevante académicamente ya que:

- a) Se espera producir conocimiento científico específico no disponible actualmente.
- b) El desarrollo de modelos de decisión lingüísticos para toma de decisiones en redes de datos de internet, en cuanto al control de la congestión del tráfico y seguridad, constituye un aporte significativo a las ciencias de la computación, en especial en relación con la decisión para enrutamientos de paquetes en redes, mejorando la gestión de los mismos.
- c) Se podría utilizar el modelo de decisión y sus operadores de agregación para la gestión del tráfico en redes de datos en internet, contribuyendo así a mejorar el desempeño de las redes de datos considerando información global del sistema expresada lingüísticamente, que no se contempla en los métodos tradicionales.

1.6. Encuadre o Marco Teórico

En este apartado se mencionan a continuación los principales aportes al estado del conocimiento en las distintas áreas relacionadas con la presente tesis.

Redes de tráfico de datos

En (Floyd & Fall, 1999) menciona sobre el fomento del uso del control de la congestión de un extremo a otro en Internet.

En (Srikanth et al., 2018) se refiere a que la congestión en las redes es causada por un gran aumento de paquetes en una región particular de la topología, y menciona sobre el mecanismo de control de congestión en redes definidas por software mediante enrutamiento de tráfico.

En (W. Zhang & Xu, 2012) se menciona sobre la detección y control de flujos de datos anómalos.

En (Huang et al., 2018) se presenta los esquemas típicos de control de flujo de la capa de

enlace (Link-layer Flow Control - LFC) que pueden lograr una red sin pérdidas.

En (Bai et al., 2017) se menciona sobre el control de la congestión para redes de centros de datos de alta velocidad.

En (Kim et al., 2016) se presenta una gestión de la congestión basada en la contención en redes a gran escala.

En (Mehrnoosh & Ghaderi, 2017) se desarrolla un algoritmo sencillo para el equilibrio de carga en redes de centros de datos.

En (Kumar et al., 2018) se describe una revisión de los enfoques de control de la congestión para aplicación de streaming en tiempo real en internet.

Sistemas de soporte de decisión, operadores OWA, lógica difusa y etiquetas lingüísticas

En (L. A. Zadeh, 1965) se demuestra un teorema de separación para los conjuntos difusos convexos sin requerir que los conjuntos difusos sean disjuntos.

En (L. A. Zadeh, 1975) se menciona el concepto de variable lingüística y su aplicación para aproximar al razonamiento.

En (Lotfi A. Zadeh, 1996) describe una metodología en la que se utilizan palabras en lugar de números para calcular y razonar.

En (Agostini et al., 2020), se desarrolla la gestión de procesos basado en lógica difusa con estrictos niveles de consenso.

En (Fullér, 1996) se presenta la utilización de operadores de agregación de la familia OWA (Ordered Weighted Averaging) para la toma de decisiones.

En (Chen, 2001) se estudia la aplicación de métodos lingüísticos de toma de decisiones para tratar el problema de evaluación de calidad de servicio.

En (Fodor & Roubens, 1994) se estudia el modelado de preferencias difuso para el soporte

de decisiones multicriterio.

En (Ben-Arieh & Chen, 2006) se analiza la agregación de etiquetas lingüísticas y las medidas de consenso para la toma de decisiones autocrática usando recomendaciones.

En (Cabrerizo, 2008), (Herrera & Herrera-Viedma, 2000) y (Herrera et al., 1996) se presentan modelos de toma de decisión en grupo con información lingüística difusa.

En (Delgado et al., 1998) se estudia la combinación de información numérica y lingüística en la toma de decisiones en grupo.

En (Dong, Li, et al., 2016a) se estudia la conexión de la jerarquía lingüística y la escala numérica para el modelo lingüístico de 2-tuplas y su uso para tratar información lingüística no balanceada.

En (Dong, Zhang, et al., 2016b) se define un problema complejo y dinámico de toma de decisiones en grupo con múltiples atributos y se propone un método de resolución que utiliza un proceso de consenso para grupos de atributos, de alternativas y de preferencias, presentándose un modelo de decisión para problemas del mundo real.

En (Herrera & Martinez, 2000) se presenta un enfoque para combinar información lingüística y numérica basado en el modelo de representación lingüística difusa de 2-tuplas en la toma de decisiones.

En (Herrera-Viedma et al., 2005) se presenta un modelo de sistema de soporte de consenso para problemas de toma de decisiones en grupo con relaciones de preferencias lingüística multigranular.

En (La Red Martinez & Acosta, 2015) se presentan las principales propiedades matemáticas y las medidas de comportamiento relacionadas con los operadores de agregación.

En (Yager, 1988, 1993) se presentan y analizan los operadores OWA (Ordered Weighted

Averaging: Promedio de Pesos Ordenados) aplicados a la toma de decisiones multicriterio.

En (Yager & Kacprzyk, 1997) se presentan los operadores OWA y sus aplicaciones en la toma de decisiones multi-agente.

En (J. I. Peláez & Doña, 2006) se menciona sobre toma de decisiones con el operador QMA-OWA.

En (J. I. Peláez et al., 2007) se encuentra un análisis de los operadores OWA en la toma de decisiones para modelar el concepto de mayoría.

En (Wei, 2011) se presenta algunos operadores de agregación dependientes con información lingüística de 2-tuplas y su aplicación a múltiples toma de decisiones del grupo de atributos.

Seguridad en redes de datos

En (Uzunov et al., 2015a) menciona acerca de marcos de soluciones de seguridad y patrones de seguridad para la autorización en sistemas colaborativos distribuidos.

En (Uzunov et al., 2015b) se presenta una metodología de seguridad integral basada en patrones para sistemas distribuidos.

En (Ramaswamy, 1990) menciona la variedad de problemas que surgen en la ubicación del servicio de confidencialidad y cifrado del flujo de tráfico, el relleno de tráfico y los mecanismos de seguridad de control de enrutamiento en la arquitectura del modelo OSI, y sugiere colocar un par de dispositivos de cifrado en la ruta de transmisión física de la capa física para proporcionar un servicio de confidencialidad de flujo de tráfico completo.

En (Tague et al., 2009) se formula una clase de métricas continuas para evaluar la vulnerabilidad del tráfico de la red en función de los protocolos de seguridad y enrutamiento utilizados en las redes inalámbricas, también se desarrollan dos definiciones de vulnerabilidad

complementarias utilizando interpretaciones teóricas de conjuntos y de circuitos de la seguridad del tráfico de red.

En (Khyavi & Rahimi, 2016) se presenta un nuevo modelo conceptual para brindar seguridad a nivel de aplicación en redes, que también podría usarse para computación en la nube.

En (Ward & Skeffington, 1990) se menciona sobre la gestión como medio de ataque a la seguridad de los sistemas gestionados, la gestión de los servicios de seguridad, las tendencias actuales que aumentan la necesidad de la seguridad de gestión de redes, las dificultades de implantación derivadas de las características técnicas y los requisitos operativos, considerando las normas ISO.

En (Bringhenti et al., 2019) se presenta una orquestación de funciones de seguridad de red totalmente automatizada y optimizada que traería varios beneficios para enfrentar ataques de ciberseguridad.

En (Muhammad et al., 2008) se menciona la dificultad para detección de ataques en redes móviles ad hoc, en las que los nodos atacantes se convierten en parte de la red, y se propone un enfoque para detectar y luego aislar los nodos que se convierten en parte de la red para causar esos ataques de caída de paquetes.

En (Su et al., 2018) se describe sobre ataques como APT (Advanced Persistent Threat: Amenaza Persistente Avanzada), se estudia las características de los flujos de datos que relacionan actividades maliciosas y se emplea agrupaciones jerárquicas para muestrear datos para una detección más profunda.

En (Poltavtseva et al., 2018) se menciona acerca de la urgencia de detectar ataques de red en el flujo de tráfico de alta velocidad de la red troncal, y se propone un nuevo método jerárquico de agregación de datos más eficiente que métodos conocidos.

En (S. Zhang, 2011) se presenta un modelo que utiliza 2-tuplas, para evitar la distorsión y la pérdida de información que produce el tratamiento de la información lingüística en sistemas de redes informáticas.

En (Madan et al., 2004) se menciona un método para modelar y cuantificar los atributos de seguridad de un sistema tolerante a intrusiones.

En (Chang & Hung, 2005) aplica el enfoque de promedio ponderado difuso para evaluar sistemas de seguridad de red.

Estado del arte

Se detallan a continuación distintas publicaciones que se consideran relevantes como expresión del estado del arte de las diferentes áreas del conocimiento relacionadas con el presente trabajo:

Redes de tráfico de datos

En (Ríos & La Red Martínez, 2018) se presenta un nuevo modelo de decisión para gestión de tráfico en redes basado en acuerdos respecto del acceso a rutas disponibles, según el estado de los nodos.

En (Ríos & La Red Martinez, 2019a) se presenta un nuevo modelo de decisión para gestión de tráfico en redes que plantea una solución para los problemas de congestión y gestión del ancho de banda y otros recursos de la red.

En (Kumar et al., 2020) se encuentra un enfoque de programación de paquetes de múltiples rutas basado en el reconocimiento de búfer para el control de la congestión.

En (Cao, 2019) se desarrolla un sistema de control de la congestión de internet, para mejorar el rendimiento y la estabilidad y evitar el colapso de la red.

En (Londoño et al., 2019) menciona la importancia del monitoreo de red que es muy útil

para encontrar fallas en la seguridad de la red, detectar intrusos, capturar paquetes para posteriormente analizarlos y descubrir la posible ruta de acceso y huida de quien realizó las modificaciones en el sistema.

En (Haro, 2021) se presentan metodologías y técnicas de seguridad aplicadas en las redes de comunicaciones para la preservación, admisibilidad y el acceso a la información.

En (Almotiri, 2021) se propone un método computacional basado en Fuzzy AHP (Fuzzy Analytical Hierarchy Process), para abordar las cuestiones relacionadas con la vaguedad, las incertidumbres, y para la selección de un enfoque eficaz de detección de tráfico malicioso. Además, utiliza el método de toma de decisiones multicriterio para clasificar el impacto de las alternativas según su rendimiento global.

En (Ríos & La Red Martínez, 2019b) se presenta un software educativo sobre seguridad en redes inalámbrica para el ámbito académico.

Etiquetas lingüísticas, lógica difusa, operadores OWA y soporte de sistema de decisión

En (J. Fornerón et al., 2020a), se desarrolla la gestión de procesos basado en lógica difusa con estrictos niveles de consenso por parte de los grupos de procesos.

En (J. T. Fornerón et al., 2021) se encuentra un modelo de decisión en sistemas distribuidos con balanceo de carga de trabajo.

En (J. Fornerón et al., 2020b) menciona sobre gestión de recursos y procesos con un modelo de decisión basado en lógica difusa.

En (Wen et al., 2020) se integra la representación lingüística de 2-tuplas y el conjunto difuso para resolver problemas de selección de proveedores con información incompleta.

En (Jiménez & Zulueta, 2017) se centra en encontrar un proveedor verde adecuado, utilizando un enfoque de toma de decisiones multicriterio y multiperíodo, basado en el modelo

computacional de 2-tuplas lingüística, que cumpla con estándares y regulaciones ambientales.

En (Amarante, 2018) se presenta una generalización de operadores OWA.

1.7. Relevancia

Académica

Se trata de un proyecto que conlleva en sí una fuerte innovación y que llama constantemente a la reflexión sobre las formas de encarar la solución a problemas de las ciencias de la computación desde una óptica no convencional, proponiéndose la utilización de distintas disciplinas en las que ya se han realizado trabajos y publicaciones, y que ahora se tiene previsto integrar en la búsqueda de nuevas soluciones a los problemas planteados de gestión y control de la congestión del tráfico en redes de datos incorporando fuzzyficación.

Social

Esta investigación, tiene como propósito desarrollar modelos de decisión que permitan la toma de decisiones basadas en etiquetas lingüísticas en vez de valores numéricos, aplicables a la gestión de tráfico en redes de datos; en tal sentido podría considerarse que la relevancia social está dada, ya que los sistemas informáticos, las comunicaciones, redes de internet, hoy día son partes de la vida diaria de millones de personas en todo el planeta, considerándose que la informática se ha vuelto ubicua y perversiva, ubicua en el sentido de estar presente de manera muchas veces inadvertida en gran cantidad de actos de la vida cotidiana, y perversiva al permitir el acceso a los sistemas informáticos casi desde cualquier lugar y en cualquier momento, haciéndose uso de redes de comunicaciones muchas veces inalámbricas.

Es un hecho además que actualmente el uso de la internet es cada vez más frecuente, la capa de red, dentro de la estructura de redes de datos, opera de manera continua, debiendo realizar permanentemente operaciones de toma de decisiones para asignar rutas a los paquetes.

Los sistemas antes muy brevemente descriptos son masivamente utilizados por la población en general, de manera directa o indirecta, razón por la cual se considera que cualquier forma de mejorar el desempeño de dichos sistemas redundaría en beneficio de la sociedad, en el contexto de la llamada Sociedad de la Información y el Conocimiento, con aplicaciones relacionadas, por ejemplo, las clases virtuales, gestión de expedientes electrónicos en el ámbito judicial, entre otros.

Relevancia Científica

El desarrollo de modelos de decisión para toma de decisiones en redes de datos para el control de la congestión del tráfico utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas, constituye un aporte significativo a las ciencias de la computación, en especial en relación con la gestión del tráfico en redes de datos

1.8. Metodología

Dimensión de la Estrategia General

a) Tipo de Estrategia y Fundamentación

Teniendo en cuenta la tríada objeto – problema – objetivos, se ha decidido que la estrategia de investigación que se utilizará será la cuantitativa, con desarrollo de modelos teóricos, medición de variables, formulación de hipótesis y validación de hipótesis.

b) Universo

El universo está dado por los paquetes de datos, que se encuentran distribuidos en distintos nodos, los cuales deben ser asignados a través de distintas rutas y enlaces.

c) Unidad de Análisis

La unidad de análisis estará integrada por cada ruta que podrá ser asignada a los paquetes en las redes de datos.

d) Selección de Casos

Se trabajará con los escenarios indicados en los objetivos específicos.

e) Énfasis en el Proceso Lineal

De conformidad a las características de la investigación propuesta, se ha optado por la lógica cuantitativa, basada en la búsqueda y verificación de relaciones causa-efecto, que se puedan generalizar; es decir, hay un proceso lineal de la relación teoría-empírica, con diferentes espacios y momentos para la definición de las hipótesis, la obtención de los datos, su análisis y su posterior interpretación.

Dimensión de las Técnicas de Obtención y Análisis de Información Empírica

Técnicas de Obtención y Análisis

La información que se obtuvo y que se ha analizado, surgió de los procesos de simulación de los modelos de decisión y operadores de agregación que se desarrollaron. A continuación, se describen las estructuras de datos con las que se han trabajado para el tratamiento y el análisis de datos.

Estructuras de datos

El sistema de matrices de datos que se utilizó, contemplaron las siguientes premisas y estructuras de datos. Se trata de asignar rutas a paquetes de datos, donde deben decidirse cuál ruta es la mejor, en base a un criterio establecido, del estado de los nodos y enlaces.

Se ha tenido en cuenta:

Conjunto de nodos $1, \dots, n$.

Conjunto de enlaces (tramos) $1, \dots, e$.

Conjunto de rutas $1, \dots, r$, constituidas por un subconjunto de nodos y un subconjunto de enlaces.

Estado posible de cada uno de los n nodos:

- Número de paquetes encolados en el nodo.
- Prioridades de los paquetes.
- Uso de CPU.
- Uso de memoria.
- Tamaño de paquetes (número t de paquetes).
- Predisposición y decisión (prioridad global) que otorga el acceso a cada una de las

r rutas.

Estado posible de los e enlaces:

- Capacidad utilizada.
- Valor-Peso.

Estado posible de las r rutas:

- Se ha calculado con los operadores de agregación en base al estado de los nodos y enlaces constituidos.

Tratamiento y análisis de datos:

Se trabajó con variables difusas utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas para su representación. En tales casos las valoraciones se expresan de manera lingüísticas utilizando, por ejemplo, las etiquetas lingüísticas y semánticas indicadas en y Tabla 1 y Fig. 1.

Tabla 1. Conjunto de etiquetas lingüísticas

Etiquetas	Semánticas
MA: Muy Alta	0.75; 1; 1
A: Alta	0.50; 0.75; 1
ME: Media	0.25; 0.50; 0.75
B: Baja	0; 0.25; 0.50
MB: Muy Baja	0; 0; 0.25

Fuente: Elaboración propia.

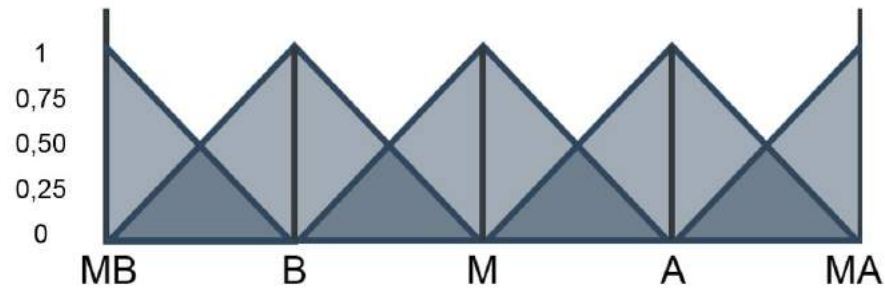


Fig. 1. Representación del conjunto de etiquetas

Fuente: Elaboración propia.

1.9. Estructura de la Tesis

Se ha presentado el problema que dio origen a la idea para la realización de este trabajo de investigación, así como los antecedentes más relevantes y los conceptos teóricos que constituyen el marco conceptual. También se hizo mención a la metodología a utilizar. Seguidamente se indican los capítulos restantes con los cuales se ha estructurado esta tesis.

Capítulo II – Operador de agregación definido para el Escenario 1 (E1): Se ha desarrollado y estudiado el escenario. Formalizado el operador de agregación para el escenario. Validado empíricamente el operador de agregación para el escenario. Definido y validado teóricamente el modelo global de decisión del escenario. Definido detalladamente las etapas, niveles o capas del modelo de decisión del escenario, y validadas empíricamente. Evaluado los resultados del modelo de decisión del escenario.

Capítulo III – Operador de agregación definido para el Escenario 2 (E2): Se ha desarrollado y estudiado el escenario. Formalizado el operador de agregación para el escenario. Validado empíricamente el operador de agregación para el escenario. Definido y validado teóricamente el modelo global de decisión del escenario. Definido detalladamente las etapas, niveles o capas del modelo de decisión del escenario, y validadas empíricamente. Evaluado los resultados del modelo de decisión del escenario.

Capítulo IV – Operador de agregación definido para el Escenario 3 (E3): Se ha desarrollado y estudiado el escenario. Formalizado el operador de agregación para el escenario. Validado empíricamente el operador de agregación para el escenario. Definido y validado teóricamente el modelo global de decisión del escenario. Definido detalladamente las etapas, niveles o capas del modelo de decisión del escenario, y validadas empíricamente. Evaluado los resultados del modelo de decisión del escenario.

Capítulo V – Comparaciones de resultados: Se ha comparado todos los resultados de cada asignación de rutas a paquetes en los escenarios desarrollados, así también se ha resaltado algunas variaciones en el orden de asignación, y asignación de diferente alternativa de ruta. Se presentó un método tradicional, para comparar con el método propuesto.

Capítulo VI – Modelo de decisión: Se ha desarrollado y explicado el modelo de decisión propuesto para poder aplicar cada uno de los operadores de agregación para cada escenario.

Capítulo VII – Conclusiones y futuras líneas de investigación: se han comentado las principales conclusiones y se han indicado las posibles líneas futuras de investigación.

1.10. Discusiones y Comentarios

En este primer capítulo se ha mencionado acerca del marco teórico y el estado del arte, donde fueron citados distintos trabajos que cumplen el rol importante para abarcar el conocimiento de las distintas áreas del tema y que son relevantes, los mismos incluyen referencias acerca de Redes de datos, Etiquetas lingüísticas, 2-Tuplas, Operadores OWA, Modelos de decisión, entre otros; así también se mencionaron los antecedentes relacionados con la presente tesis. Se ha planteado la hipótesis y los objetivos de esta investigación, donde se contemplan situaciones en las que los paquetes en redes de datos, sean despachados por la mejor ruta posible, controlando la congestión del tráfico, utilizando etiquetas lingüísticas y 2-Tuplas para la decisión.

Se describió además las estructuras de datos, donde se establece el sistema de matrices de datos que se utiliza para que el modelo de decisión pueda asignar rutas a los paquetes de datos. También se han descrito los elementos que intervienen dentro del sistema, los nodos, enlaces, rutas y paquetes, para su representación con etiquetas lingüísticas y 2-Tuplas, simulando aspectos cualitativos para la toma de decisión.

Finalmente se describió los capítulos con que cuenta la estructura de la tesis, de los cuales, tres capítulos refieren a los tres distintos escenarios en los cuales se explican los operadores de agregación, un capítulo sobre comparaciones de resultados con un método tradicional, un capítulo sobre el modelo de decisión propuesto, finalmente las conclusiones y líneas futuras de investigación.

En el siguiente capítulo, inicia lo indicado en la descripción de la estructura de la tesis.

Capítulo II – Operador de agregación definido para el escenario 1 (E1)

2.1. Introducción

En el presente capítulo, para despachar los paquetes en esquema de datagramas, se considerarán como estado de cada ruta, el promedio de los estados de sus nodos, enlaces y saltos para indicar la mejor ruta posible al despachar los paquetes, utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas. Se comenzará construyendo la estructura de datos correspondiente a cada escenario, la descripción del operador de agregación, donde se menciona y se describe cada una de las etapas de cálculo, la traslación simbólica, las valoraciones de los criterios, las ponderaciones de los distintos vectores de pesos, etc. Se describirán las consideraciones acerca de las operaciones de agregación. Luego se realizará un ejemplo de escenario para datagramas, se presentarán las evaluaciones, y para finalizar, las discusiones y comentarios.

Trabajos previos

En (Ríos & La Red Martinez, 2019a) se desarrollan operadores de agregación para la gestión de tráfico en redes de datos.

En (J. T. Fornerón et al., 2020) se describe la gestión de recursos y procesos con un modelo de decisión basado en lógica difusa.

2.2. Hipótesis y objetivos

Considerar como estado de cada ruta, un promedio de los estados de sus nodos y enlaces, y número de saltos.

Se tendrá en cuenta como estado de cada ruta, un promedio de los estados de sus nodos, enlaces y número de saltos para asignar la mejor ruta posible al despachar los paquetes en la red

de datos. Esto será representado con etiquetas lingüísticas y 2-Tuplas.

2.3. Propuesta de solución

Las siguientes premisas y estructuras de datos, serán contempladas por el sistema de matrices de datos que se utilizará. Se trata de asignar posibles rutas a paquetes de datos, debiendo decidirse cuál ruta va a ser la mejor, en base a los criterios establecidos, del estado de los nodos, enlaces y cantidad de saltos. Esto sería aplicable para esquemas de datagramas en los que la información será representada con etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

Se tendrá en cuenta:

Conjunto de nodos $1, \dots, n$.

Nodos que alojan paquetes: $1, \dots, n$. El conjunto de nodos se representa de la siguiente manera:

$$\text{nodos} = \{n_1, \dots, n_n\}$$

Paquetes alojados en cada uno de los n nodos: $1, \dots, p$. El conjunto de paquetes se representa de la siguiente manera:

paquetes = $\{p_{ijkl}\}$ con $i = 1, \dots, n$ (n° de nodo origen), $j = 1, \dots, p$ (n° de nodo destino), ($i \neq j$), $k = 1, \dots, q$ (n° de sesión) y $l = 1, \dots, r$ (n° orden de paquetes en la sesión) lo que se puede expresar mediante la Tabla 2.

Tabla 2. Paquetes alojados en los nodos

Nodos	Paquetes			
1	p_{1211}	p_{1212}		p_{12qr}
....			...	
h	p_{hr11}	p_{hr12}		p_{hsqr}
....			...	
n	p_{np11}	p_{np12}		p_{npqr}

Fuente: Elaboración propia

Conjuntos de paquetes de una sesión: $1, \dots, g$. El conjunto de paquetes está integrado por paquetes de una misma sesión y se representa de la siguiente manera:

$conjuntos = \{p_{ijkl}\}$ con i indicando el nodo origen, j nodo destino, k indicando el número de sesión y l el orden de asignación en la sesión.

Tamaño de cada uno de los g conjuntos de paquetes. El número de paquetes en cada conjunto indica la cardinalidad del conjunto y se representa de la siguiente manera:

$$card = \{card(g_i)\} \text{ con } i = 1, \dots, g \text{ indicando el conjunto.}$$

Prioridad grupal de cada uno de los g conjuntos de paquetes. Estas prioridades se pueden fijar según distintos criterios; en esta propuesta se considerará que es función de la cardinalidad de cada conjunto y se representa de la siguiente manera:

$$Prg = \{prg_i = card(g_i)\} \text{ con } i = 1, \dots, g \text{ indicando el grupo (conjunto de paquetes de una misma sesión)}$$

Prioridad de tipo de paquete, es la prioridad que adopta cada paquete, se pueden considerar distintas prioridades según el tipo de paquete, ver Tabla 3, en esta propuesta se considera que los paquetes que pertenecen a un mismo grupo, son paquetes del mismo tipo.

Tabla 3. Prioridades según el tipo de paquete

Tipo de paquete	Prioridad
tipo ₁	pr ₁
....	
tipo _h	pr _h
....	
tipo _n	pr _n

Fuente: Elaboración propia.

Conjunto de rutas 1, ..., r , constituidas por un subconjunto de nodo origen, nodo destino y número de ruta, con nodo origen distinto al nodo destino, ver Tabla 4.

Tabla 4. Rutas posibles disponibles

Nodos (nodo origen, nodo destino)	Rutas posibles disponibles (nodo origen, nodo destino, ruta posible disponible)			
1, 2	r_{121}	r_{122}		r_{12n}
....			...	
i, p	r_{ip1}	r_{ip2}		r_{ipn}
....				
r, s	r_{rs1}	r_{rs2}		r_{rsn}

Fuente: Elaboración propia

Conjunto de enlaces (tramos) establecidos para cada ruta disponible: 1, ..., e . Ver Tabla 5.

Tabla 5. Enlaces en cada ruta

Rutas	Enlaces			
r_{121}	e_1	e_2		e_n
....			...	
r_{opq}	e_1	e_2		e_n
....			...	
r_{ijk}	e_1	e_2		e_n

Fuente: Elaboración propia.

Estado posible de cada uno de los n nodos:

- Número de paquetes encolados en el nodo.
- Prioridades de los paquetes.
- Uso de CPU.
- Uso de memoria.
- Uso de memoria virtual.
- Tamaño de paquetes (número t de paquetes).
- Predisposición y decisión (prioridad global) para otorgar el acceso a cada una de las r

rutas.

- Carga actual del nodo, que se podrá calcular como el promedio de los porcentajes de uso de CPU y memoria (estos indicadores de carga podrán variar según los casos, pudiendo agregarse otros o cambiarse algunos de los puestos como ejemplo); también habrán de definirse las categorías de carga actual, por ejemplo, Alta, Media y Baja, señalándose los rangos de valores para cada categoría.

Estado posible de los e enlaces:

Para el cálculo de los estados de los enlaces se tendrá en cuenta los siguientes factores:

Factor de velocidad de transmisión (% de velocidad del enlace respecto de la velocidad del enlace de mayor velocidad).

Factor de confiabilidad (% de paquetes transmitidos sin error).

Factor de disponibilidad (% de capacidad disponible en el canal).

Estado posible de las r rutas:

- Se calculará con los operadores de agregación en base al estado de los nodos destinos, enlaces y saltos constituidos.

2.4. Descripción del operador de agregación

En la Fig. 2 se observan los pasos necesarios para asignar los paquetes a las diferentes rutas disponibles, utilizando los enlaces correspondientes. En cada paso se realiza un procedimiento de cálculo para recibir la información, transformarla, calcular prioridades, preferencias, aplicar normalización cuando sea necesario y designar mediante una lista ordenada, la asignación final global de rutas.

A continuación se describen las diferentes etapas del operador propuesto.

1. Traslación simbólica ascendente.
2. Tupla de valoración de criterios (T).
3. Cálculo de la Tupla de Prioridad Nodal, Enlaces y Saltos (TPNES).
4. Cálculo de la Tupla de Prioridad Global Final (TPGF).
5. Establecimiento de la Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL).
6. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn).
7. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno).
8. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada concatenada (FARDLnc).
9. Traslación simbólica descendente.

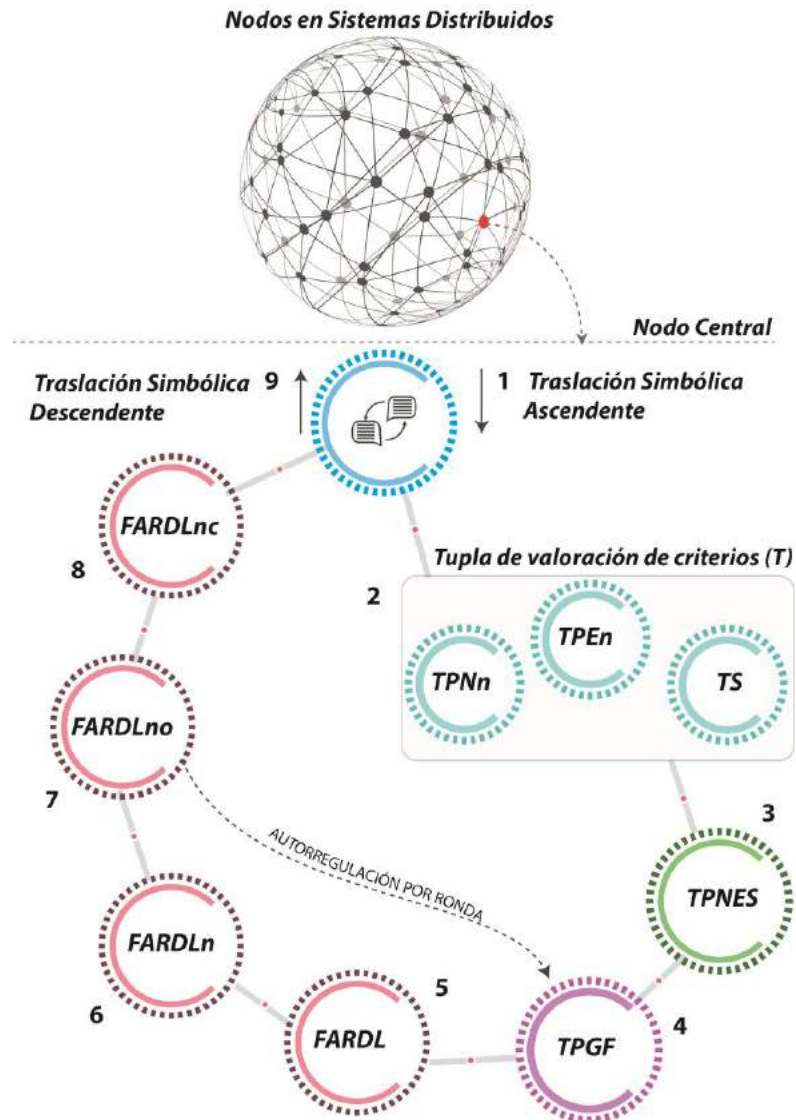


Fig. 2. Etapas del operador propuesto

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1 Traslación simbólica ascendente

El nodo central es el encargado de recibir la información de control de los demás nodos, esta información se representa mediante 2-tuplas y etiquetas lingüísticas, cuyo conjunto puede variar en cada nodo, es decir, son independientes del conjunto utilizado por el nodo central. Este último realiza el proceso de convertir los conjuntos de etiquetas recibidos a su propio conjunto de etiquetas, en (Dutta et al., 2019) menciona que este mecanismo se llama “Traslación Simbólica”,

en esta etapa, la Traslación Simbólica es Ascendente, desde los nodos distribuidos hacia el nodo central. La representación de las valoraciones se expresa en un formato lingüístico utilizando un conjunto de etiquetas lingüísticas, cada etiqueta con su valor máximo (VMax), valor más probable (VPro) y valor mínimo (VMin), como se puede ver la Tabla 6.

Tabla 6. Conjunto de etiquetas que representan los valores

Nombre de la etiqueta	Valor mínimo (VMin)	Valor más probable (VPro)	Valor máximo (VMax)
Sigla ₁ : Etiqueta ₁	VMin ₁	VPro ₁	VMax ₁
...	...	...	...
Sigla _i : Etiqueta _i	VMin _i	VPro _i	VMax _i
...	...	...	...
Sigla _n : Etiqueta _n	VMin _n	VPro _n	VMax _n

Fuente: Elaboración propia.

El primer elemento de la 2-tuplas es el valor lingüístico de esta etiqueta, el segundo elemento es la diferencia entre el valor de los criterios buscados y el valor más probable (VPro) de la etiqueta seleccionada, ver Tabla 7.

Tabla 7. Conjunto de etiquetas con su valor más probable

Nombre de la etiqueta	Valor más probable (VPro)
Sigla ₁ : Etiqueta ₁	VPro ₁
...	...
Sigla _i : Etiqueta _i	VPro _i
...	...
Sigla _n : Etiqueta _n	VPro _n

Fuente: Elaboración propia.

En la capa de red de cada nodo, se define un Runtime, que gestiona los paquetes, rutas disponibles y establece el escenario correspondiente. Además, los Runtime interactúan entre sí para intercambiar información y existe un Runtime coordinador global en uno de los nodos que evalúa y ejecuta el modelo de decisión.

2.4.2 Tupla de valoración de criterios (T)

Para iniciar el modelo propuesto, se obtienen los principales valores de los criterios relacionados con los estados de los nodos, enlaces y saltos, que son datos que son utilizados para determinar las prioridades nodales y de enlaces. En este paso se obtienen la Tupla de Prioridad

Nodal normalizada (TPNn), la Tupla de Prioridad de Enlace normalizada (TPEn), y la Tupla de Saltos (TS).

Tupla de Prioridad Nodal normalizada (TPNn)

Para obtener un indicador que permita medir la carga computacional actual de cada nodo, se deben tener en cuenta distintos criterios, por ejemplo, % de uso de la CPU, % de uso de la memoria y N° de paquetes en el nodo. Todos los valores de estos criterios son representados con conjuntos de etiquetas lingüísticas indicadas en la Tabla 6.

Establecimiento de los criterios que se aplicarán:

criterios = $\{c_{ij}\}$ con $i = 1, \dots, n$ (n° de nodos) y $j = 1, \dots, c$ (n° máximo de criterios para cada nodo).

Eventualmente todos los nodos pueden utilizar el mismo conjunto de criterios. Los valores de los criterios se representan en 2-tuplas y constituyen la Tupla Carga Computacional (TCC), ver Tabla 8.

dm = la diferencia mínima entre las diferencias del valor(c_{ij}) y el valor más probable (V_{pro}) de cada etiqueta lingüística, donde i indica el nodo y j el criterio de valoración de la carga computacional.

etiqueta = a la sigla correspondiente de la etiqueta lingüística asociada a la diferencia mínima dm .

Tabla 8. Criterios para el cálculo de carga computacional

nodos	Criterios TCC 2-tupla					Promedio
n_1	$TCC(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TCC(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TCC(etiqueta_e; dm_e)$	$TCCp(etiqueta; dm)$
....		...		...		
n_i	$TCC(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TCC(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TCC(etiqueta_e; dm_e)$	$TCCp(etiqueta; dm)$
....		...		...		
n_n	$TCC(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TCC(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TCC(etiqueta_e; dm_e)$	$TCCp(etiqueta; dm)$

Fuente: Elaboración propia

La Tupla de Carga Computacional promedio (TCCp) es la carga computacional que se indica en la última columna de la Tabla 8, que es el promedio de los criterios de cada nodo, esto

determina la categoría de la carga computacional de cada nodo. Los criterios de carga computacional se pueden clasificar en distintas categorías, por ejemplo, Alta, Media, Baja. La TCCp permite representar esa clasificación en formato 2-tuplas.

Para establecer los vectores de pesos asociados a las categorías de carga computacional actual de cada nodo y la información de las preferencias nodales, se pueden adoptar distintos criterios, por ejemplo, N° de paquetes en el nodo, % de uso de CPU, % de uso de memoria, % de uso de memoria virtual y prioridad promedio de los paquetes en el nodo.

Establecimiento de los criterios que se aplicarán:

criterios = $\{c_{ij}\}$ con $i = 1, \dots, n$ (n° de nodos) y $j = 1, \dots, c$ (n° máximo de criterios para cada nodo).

Eventualmente, todos los nodos podrían utilizar el mismo conjunto de criterios. El primer elemento de la 2-tuplas es el valor lingüístico de esta etiqueta, y el segundo elemento es la diferencia entre el valor de los criterios buscados y el valor más probable (Vpro) de la etiqueta seleccionada.

La asignación de pesos a los distintos criterios son en función de estudios estadísticos previamente realizados con los históricos de carga computacional de los nodos; habrá entonces una función de asignación de pesos a los criterios para constituir los vectores de pesos de cada categoría de carga (Ríos & La Red Martinez, 2019a).

Los valores de los vectores de pesos se representan en 2-tuplas constituyendo la Tupla Vector de Pesos Nodal (TVPN), ver Tabla 9.

Tabla 9. Pesos asignados a los criterios para calcular la prioridad nodal

Categorías (Cat)		Pesos			
Cat_1	$TVPN(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TVPN(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TVPN(etiqueta_e; dm_e)$
....		...	...	...	
Cat_i	$TVPN(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TVPN(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TVPN(etiqueta_e; dm_e)$
....		...	...	...	
Cat_n	$TVPN(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TVPN(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TVPN(etiqueta_e; dm_e)$

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinada las categorías para indicar la carga de los nodos y establecidos los vectores de pesos para las distintas categorías de carga, se completa la información de las preferencias nodales respecto a los criterios establecidos. Los valores de los criterios de preferencia se representarán en 2-tuplas constituyendo la Tupla Nodal (Tupla Nodal), ver Tabla 10.

Tabla 10. Información nodal respecto a los criterios establecidos para cada nodo

nodos	Criterios TN 2-tupla				
n_1	$TN(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TN(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TN(etiqueta_e; dm_e)$
....		...	...	...	
n_i	$TN(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TN(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TN(etiqueta_e; dm_e)$
....		...	...	...	
n_n	$TN(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TN(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TN(etiqueta_e; dm_e)$

Fuente: Elaboración propia

Se halla el producto escalar entre los valores de TN y el vector de pesos asociado TVPN y se obtiene la TNm (Tupla Nodal multiplicada), que se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores de los criterios nodales multiplicados por el vector de pesos asociado a la carga computacional

nodos	Criterio 2-tupla				
n_1	$TNm(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TNm(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TNm(etiqueta_e; dm_e)$
....		...	...	...	
n_i	$TNm(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TNm(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TNm(etiqueta_e; dm_e)$
....		...	...	...	
n_n	$TNm(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TNm(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TNm(etiqueta_e; dm_e)$

Fuente: Elaboración propia

Eventualmente, la TNm puede arrojar valores muy pequeños y muy cercanos entre sí, en cuyo caso se normalizan estos resultados entre valores extremos, utilizando los valores máximo, mínimo y rango (Tr) de la TNm mostrada anteriormente en la Tabla 11, por el cual, el cálculo del mismo se puede ver en la Tabla 12.

Tabla 12. Cálculo de los valores máximo, mínimo y el rango

Parámetro	Valor
Valor Máximo	Máximo (TNm)
Valor mínimo	Mínimo (TNm)
Rango (Tr)	Máximo (TNm) - Mínimo (TNm) = Tr

Fuente: Elaboración propia.

La normalización de la TNm entre valores extremos, da como resultado la Tupla Nodal multiplicada normalizada (TNmn) que se observa en la Tabla 13, a raíz de la siguiente operación:

$$TNmn = \{TNm(etiqueta_v; dm_v) - \text{Mínimo}(TNm)\} / Tr.$$

Tabla 13. Valores de la Tupla Nodal multiplicada normalizada (TNmn)

nodos	Criterio 2-tupla				
n_1	$TNmn(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TNmn(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TNmn(etiqueta_e; dm_e)$
....		...		...	
n_i	$TNmn(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TNmn(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TNmn(etiqueta_e; dm_e)$
....		...		...	
n_n	$TNmn(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TNmn(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TNmn(etiqueta_e; dm_e)$

Fuente: Elaboración propia

La sumatoria de los valores TNmn de cada nodo constituye la Tupla Prioridad Nodal (TPN) y como los resultados son mayores a “1”, se normalizan estos resultados entre valores extremos para obtener la Tupla Prioridad Nodal normalizada (TPNn), que se representa en la Tabla 14.

Tabla 14. Valores de la Tupla de Prioridad Nodal (TPN) y la Tupla de Prioridad Nodal normalizada (TPNn)

nodos	Sumatoria	Sumatoria Normalizada
n_1	$TPN(etiqueta_1; dm_1)$	$TPNn(etiqueta_1; dm_1)$
....		
n_i	$TPN(etiqueta_i; dm_i)$	$TPNn(etiqueta_i; dm_i)$
....		
n_n	$TPN(etiqueta_n; dm_n)$	$TPNn(etiqueta_n; dm_n)$

Fuente: Elaboración propia

Tupla de Prioridad Enlace normalizada (TPEn)

Para obtener un indicador de carga de los enlaces se pueden adoptar distintos criterios, por ejemplo, el factor de velocidad de transmisión (% de velocidad del enlace respecto de la velocidad del enlace de mayor velocidad), factor de confiabilidad (% de paquetes transmitidos sin error), factor de disponibilidad (% de capacidad disponible en el canal). Los valores de los criterios se representan en 2-tuplas constituyendo la Tupla Carga de Enlace (TCE), ver Tabla 15.

dm = la diferencia mínima entre las diferencias del valor (c_{ev}) y el valor más probable (V_{pro}) de cada etiqueta lingüística, donde la e indica el enlace y v el criterio de valoración de la carga de enlace.

$etiqueta$ = a la sigla correspondiente de la etiqueta lingüística asociada a la diferencia mínima dm .

Tabla 15. Criterios para el cálculo de carga de enlace

Enlaces		Criterio 2-tupla			Promedio	
e_1	$TCE(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TCE(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TCE(etiqueta_e; dm_e)$	$TCEp(etiqueta_1; dm_1)$
...	...	...	...	...	...	...
e_i	$TCE(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TCE(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TCE(etiqueta_e; dm_e)$	$TCEp(etiqueta_i; dm_i)$
...	...	...	...	...	...	...
e_n	$TCE(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TCE(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TCE(etiqueta_e; dm_e)$	$TCEp(etiqueta_n; dm_n)$

Fuente: Elaboración propia

La Tupla de Carga de Enlace promedio (TCEp) es la carga de enlace que se indica en la última columna de la Tabla 15, que es el promedio de los criterios de cada enlace y determina la categoría correspondiente. Los criterios de carga computacional se pueden clasificar en distintas categorías, por ejemplo, Alta, Media, Baja. La TCEp permite representar esa clasificación en formato 2-tuplas.

Una vez determinada las categorías para indicar la carga de los enlaces y los criterios que se aplican, se establecen los valores correspondientes a los criterios constituyendo así los vectores de pesos para las distintas categorías de carga. Los valores de los vectores de pesos se representan en 2-tuplas constituyendo la Tupla Vector de Pesos de Enlaces (TVPE), ver Tabla 16.

Tabla 16. Pesos asignados a los criterios para calcular la prioridad de enlaces

Categorías (Cat)	Pesos				
Cat_1	$TVPE(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TVPE(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TVPE(etiqueta_e; dm_e)$
...	...	...	...	...	...
Cat_i	$TVPE(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TVPE(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TVPE(etiqueta_e; dm_e)$
...	...	...	...	...	...
Cat_n	$TVPE(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TVPE(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TVPE(etiqueta_e; dm_e)$

Fuente: Elaboración propia

La asignación de pesos a los distintos criterios son en función de estudios estadísticos previamente realizados con los históricos de carga de los enlaces; habrá entonces una función de asignación de pesos a los criterios para constituir los vectores de pesos de cada categoría de carga (Ríos & La Red Martinez, 2019a).

Se halla el producto entre los valores de TCE y el vector de pesos asociado TVPE para obtener la Tupla de Enlace multiplicada (TE_m), que se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Valores de los criterios de enlaces multiplicados por el vector de pesos asociado a la carga de enlace

Nodos			Criterio 2-tupla		
n_1	$TEm(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TEm(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TEm(etiqueta_e; dm_e)$
...		...	...	...	
n_i	$TEm(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TEm(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TEm(etiqueta_e; dm_e)$
...		...	...	...	
n_n	$TEm(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TEm(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TEm(etiqueta_e; dm_e)$

Fuente: Elaboración propia

Eventualmente, la TEM puede arrojar valores muy pequeños y muy cercanos entre sí, en cuyo caso es necesario normalizar estos resultados entre valores extremos, utilizando los valores máximo, mínimo y rango (Tr) de la TEM mostrada anteriormente en la Tabla 17, por el cual, el cálculo del mismo se puede ver en la Tabla 18.

Tabla 18. Cálculo de los valores máximo, mínimo y el rango

Etiqueta	Valor
Valor Máximo	Máximo (TEM)
Valor mínimo	Mínimo (TEM)
Rango (Tr)	Máximo (TEM) - Mínimo (TEM) = Tr

Fuente: Elaboración propia.

Con la normalización entre valores extremos, se obtiene como resultado la TEMn (Tupla de Enlace multiplicada normalizada), ver Tabla 19.

Tabla 19. Valores de la Tupla Enlace multiplicada normalizada (TEMn)

nodos			Criterio 2-tupla		
n_1	$TEmn(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TEmn(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TEmn(etiqueta_e; dm_e)$
...		...	...	...	
n_i	$TEmn(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TEmn(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TEmn(etiqueta_e; dm_e)$
...		...	...	...	
n_n	$TEmn(etiqueta_1; dm_1)$	...	$TEmn(etiqueta_v; dm_v)$	...	$TEmn(etiqueta_e; dm_e)$

Fuente: Elaboración propia

La sumatoria de los valores TEMn de cada enlace constituye la Tupla Prioridad de Enlace (TPE) y como los resultados son mayores a “1”, se normalizan entre valores extremos para obtener la Tupla Prioridad de Enlaces normalizada (TPEn), que se representa en la Tabla 20.

Tabla 20. Valores de la Tupla de Prioridad Nodal (TPE) y la Tupla de Prioridad Nodal normalizada (TPEn)

Enlaces	Sumatoria	Sumatoria Normalizada
e_1	$TPE(etiqueta_1; dm_1)$	$TPEn(etiqueta_1; dm_1)$
...	...	...
e_i	$TPE(etiqueta_i; dm_i)$	$TPEn(etiqueta_i; dm_i)$
...	...	...
e_n	$TPE(etiqueta_n; dm_n)$	$TPEn(etiqueta_n; dm_n)$

Fuente: Elaboración propia

Tupla de Saltos (TS)

En tercer término, se obtiene la Tupla de Saltos (TS) que representa el total de nodos intermedios y nodo final, abarcando desde el origen hasta el destino de cada ruta, y se calcula como $1/N$. El número de enlaces de cada ruta equivale al número de nodos intermedios y nodo final, esto es igual al valor N y se utilizará para calcular el número de saltos. En la Tabla 21 se observan las distintas rutas con sus respectivos enlaces.

Tabla 21. Enlaces en cada ruta

Rutas	Enlaces			
r_{121}	e_1	e_2	...	e_n
...	...	...	...	...
r_{opq}	e_1	e_2	...	e_n
...	...	...	...	...
r_{ijk}	e_1	e_2	...	e_n

Fuente: Elaboración propia

Los valores resultantes de $1/N$ correspondiente a cada ruta, se representan en 2-tuplas, constituyendo la Tupla de Saltos (TS), que se observa en la Tabla 22.

Tabla 22. Número de saltos de cada ruta

Rutas	Número de saltos
r_{121}	$TS(etiqueta_1; dm_1)$
...	
r_{opq}	$TS(etiqueta_i; dm_i)$
...	
r_{ijk}	$TS(etiqueta_n; dm_n)$

Fuente: Elaboración propia

2.4.3 Tupla de Prioridad Nodal, Enlaces y Saltos (TPNES)

Para establecer un orden de acceso a las rutas por parte de los paquetes, es necesario obtener una prioridad global a partir de la información de los nodos, enlaces y saltos relacionados a cada ruta.

En esta etapa se consideran las prioridades nodales, de estado de los enlaces y saltos calculadas en la etapa anterior, para satisfacer los requerimientos de acceso a las rutas disponibles por parte de los paquetes. A partir de estas prioridades se deben calcular las prioridades globales o finales y definir o establecer a qué paquetes se hará dicho otorgamiento. Los requerimientos que

no puedan ser atendidos por resultar con menor prioridad de los actualmente asignados, son nuevamente considerados en la siguiente iteración del método.

Una vez obtenidos los valores de prioridad de los nodos (TPN_n) y enlaces (TPEn), y el número de saltos correspondientes a cada ruta (TS), se calcula la Tupla de Prioridad Nodal, Enlaces y Saltos (TPNES). La suma de estos valores se divide por el número total de elementos intervinientes en esa posible ruta, ver Tabla 23.

Tabla 23. Prioridades nodales, de enlaces y saltos

Rutas	2-tupla				
r_{121}	TPNES _{121,1211}	...	TPNES _{121,f_{gjk}}	...	TPNES _{121,odsn}
...	...	...	...	...	...
r_{ijl}	TPNES _{ijl,1211}	...	TPNES _{ijl,f_{gjk}}	...	TPNES _{ijl,odsn}
...	...	...	...	...	...
r_{nrm}	TPNES _{nrm,1211}	...	TPNES _{nrm,f_{gjk}}	...	TPNES _{nrm,odsn}

Fuente: Elaboración propia

$\text{nodos_ruta}_{ijl} = \sum \text{TPN}_{n_h}$ con h de 1, ..., n ; indicando los nodos intermedios y nodo destino para la ruta ijl .

$$n = \text{card}(\{\text{nodos_ruta}_{ijl}\})$$

$\text{enlaces_ruta}_{ijl} = \sum \text{TPEn}_e$ con e de 1, ..., m ; indicando los enlaces interviniente en la ruta ijl .

$$e = \text{card}(\{\text{enlaces_ruta}_{ijl}\})$$

$\text{saltos_ruta}_{ijl} = \text{TS}_{ijl}$ con i indicando el nodo origen, con j indicando el nodo destino, y l indicando el n° de ruta para la ruta ijl .

$$s = \text{card}(\{\text{saltos_ruta}_{ijl}\})$$

$$\text{TPNES}_{ijl} = (\text{nodos_ruta}_{ijl} + \text{enlaces_ruta}_{ijl} + \text{saltos_ruta}_{ijl}) / (n + e + s)$$

Valoraciones ($r_{ijl} p_{fgjk}$) = TPNES_{ijl} con:

$i = 1, \dots, n$ (nodo actual en el que se encuentra el paquete);

$j = 1, \dots, r$ (nodo destino);

$l = 1, \dots, m$ (n° de ruta posible);

$f = 1, \dots, o$ (nodo origen);

$g = 1, \dots, d$ (nodo destino);

$j = 1, \dots, s$ (n° de sesión);

$k = 1, \dots, n$ (n° de orden);

2.2.4 Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

En este paso se realiza el cálculo de las prioridades o preferencias de los paquetes para acceder a las rutas disponibles, se determina del orden en que se asignan las rutas y a qué paquete es asignado cada posible ruta, representando los valores mediante etiquetas lingüísticas y 2-tuplas. En esta etapa se considera la TPNES calculada en la etapa anterior para cada requerimiento de acceso a las rutas disponibles por parte de los paquetes. Los requerimientos que no puedan ser atendidos por resultar con bajas prioridades, son nuevamente considerados en la siguiente iteración del método. Seguidamente corresponde calcular la Tupla de Pesos Finales de Pertenencia (TPFP), la Tupla de Pesos Finales de Tipo de Paquete (TPFTP) y la Tupla de Pesos Finales normalizada (TPFn), que se utilizan en el proceso final de agregación para determinar el orden o prioridad de acceso a las rutas.

Tupla de pesos finales de pertenencia = $\{TPFP_{fgjk}\}$ con $f = 1, \dots, o$ (nodo origen); $g = 1, \dots, d$ (nodo destino); $j = 1, \dots, s$ (n° de sesión); $k = 1, \dots, n$ (n° de orden), si integra un conjunto de paquetes se considera $(prg_i)/np$, donde np es el número de paquetes en el sistema y prg_i es la prioridad del conjunto de paquetes al que pertenece el paquete, si es un paquete independiente se considera $1/np$. Esto constituye la Tupla de Pesos Finales de Pertenencia (TPFP), que son representados en 2-tuplas, ver Tabla 24.

Tabla 24. Pesos finales representados en 2-tuplas

Pesos			Paquetes		
Tupla de Pesos Finales de Pertenencia	TPFP ₁₂₁₁	...	TPFP _{fgjk}	...	TPFP _{odsn}

Fuente: Elaboración propia

Tupla de pesos finales de tipo de paquete = $\{TPFTP_{fgjk}\}$ con $f = 1, \dots, o$ (nodo origen); $g = 1, \dots, d$ (nodo destino); $j = 1, \dots, s$ (n° de sesión); $k = 1, \dots, n$ (n° de orden), según el tipo de paquete se considera $(TPFP_{fgjk}) * tp$, donde tp es la prioridad del tipo de paquete. Esto constituye la Tupla de Pesos Finales de Tipo de Paquete (TPFTP), que son representados en 2-tuplas, ver Tabla 24.

Tabla 24. Pesos finales representados en 2-tuplas

Pesos	Paquetes			
<i>Tupla de Pesos Finales de Tipo de Paquete</i>	$TPFTP_{1211}$	...	$TPFTP_{fgjk}$	...

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es normalizar los pesos recién obtenidos (TPFTP) dividiendo cada uno de ellos por la suma de todos. Así se obtiene un vector de peso normalizado (en el rango de 0 a 1 inclusive) y con la restricción de que la suma de los elementos del vector debe dar 1.

Esto constituye la Tupla de Pesos Finales normalizada (TPFn), y su representación en 2-tupla se puede ver en la Tabla 25.

$\sum \{TPFn_{fgjk}\} = 1$ con $f = 1, \dots, o$ (nodo origen); $g = 1, \dots, d$ (nodo destino); $j = 1, \dots, s$ (n° de sesión); $k = 1, \dots, n$ (n° de orden).

Tabla 25. Pesos finales normalizados representados en 2-tuplas

Pesos	Paquetes			
<i>pesos finales normalizados</i>	$TPFn_{1211}$	...	$TPFn_{fgjk}$	...

Fuente: Elaboración propia

Las prioridades nodales, de enlaces y saltos indicados en la TPNES tomadas fila por fila, es decir, respecto de cada ruta, se multiplican escalarmente por el vector de pesos finales normalizados TPFn indicado recientemente, para obtener las prioridades globales finales de acceso de cada paquete a cada ruta; esto se indica a continuación.

Prioridad final global $(r_{ijl} p_{fgjk}) = TPFn_{kl} * TPNES_{ijl,fgjk} = TPGF_{ijl,fgjk}$ (Tupla de Prioridad Global Final), $TPFn_{kl}$ es el peso final normalizado, k indicando el número de nodo y l el número de paquetes del nodo, $TPNES_{ijl,fgjk}$ es el formato de 2-tuplas que indica la prioridad del paquete, ijl

indicando la ruta (origen, destino, alternativa), $fgjk$ indicando el paquete (origen, destino, sesión, orden), conforman el producto de la prioridad final global de dicho paquete para acceder a la mencionada ruta. El mayor de estos productos hechos para los distintos paquetes en relación a la misma ruta solicitada indica cuál de los paquetes tendrá acceso a la ruta, ver Tabla 26.

Tabla 26. Prioridades nodales, de enlaces y saltos de los paquetes para acceder a cada ruta, representados en 2-tuplas

Rutas	2-tupla				
r_{121}	$TPGF_{121,1211}$	...	$TPGF_{121,fgjk}$	...	$TPGF_{121,odsn}$
...	...	...	...	...	...
r_{ij1}	$TPGF_{ijl,1211}$	...	$TPGF_{ijl,fgjk}$	...	$TPGF_{ijl,odsn}$
...	...	...	...	...	...
r_{nrm}	$TPGF_{nrm,1211}$	...	$TPGF_{nrm,fgjk}$	...	$TPGF_{nrm,odsn}$

Fuente: Elaboración propia

2.4.5 Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también deben ser evaluadas. Esto constituye lo que se denominará Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumada (TPGFs), que se puede ver en la última columna de la Tabla 27.

Tabla 27. Tupla de Prioridad Global Final sumada (TPGFs)

Rutas	2-tupla					FARDL
r_{121}	$TPGF_{121,1211}$	...	$TPGF_{121,fgjk}$	...	$TPGF_{121,odsn}$	$TPGFs_{121,odsn}$
...	...	...	...	...	...	...
r_{ij1}	$TPGF_{ijl,1211}$	...	$TPGF_{ijl,fgjk}$	...	$TPGF_{ijl,odsn}$	$TPGFs_{ijl,odsn}$
...	...	...	...	...	...	...
r_{nrm}	$TPGF_{nrm,1211}$	...	$TPGF_{nrm,fgjk}$	...	$TPGF_{nrm,odsn}$	$TPGFs_{nrm,odsn}$

Fuente: Elaboración propia

$$FARDL(r_{ijl}) = \sum TPGF_{ijl,fgjk} = \text{prioridad de asignación de la ruta } r_{ijl}.$$

2.2.6 Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Una vez calculado la *FARDL* para todas las rutas se obtendrá un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo $[0, 1]$, para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango (Tr) como puede verse en la Tabla 28.

Tabla 28. Valoraciones para normalizar la FARDL

Etiqueta	Valor
Valor Máximo	Máximo ($FARDL_{ijl,fgjk}$)
Valor mínimo	Mínimo ($FARDL_{ijl,fgjk}$)
Rango (Tr)	Máximo ($FARDL_{ijl,fgjk}$) - Mínimo ($FARDL_{ijl,fgjk}$) = Tr

Fuente: Elaboración propia.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ($FARDLn$):

$FARDLn(r_{ijl}) = \Sigma (TPGFs_{ijl,fgjk} / (\text{máximo}(TPGFs_{ijl,fgjk}) - \text{mínimo}(TPGFs_{ijl,fgjk}))) = \text{prioridad}$ de asignación de rutas r_{ijl} normalizada entre valores extremos.

En el vector $FARDLn$ se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGFs_{ijl,fgjk}$ para cada ruta indica el paquete al que se asignará la ruta, ver Tabla 29.

Tabla 29. Función de asignación de rutas disponibles lingüísticas normalizada

FARDLn	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete
r_{121}	$TPGFs_{121,odsn}$
....	...
r_{opq}	$TPGFs_{ijl,odsn}$
....	...
r_{ijk}	$TPGFs_{nrm,odsn}$

Fuente: Elaboración propia

2.2.7 Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas ($FARDLno$)

El siguiente paso es ordenar de mayor a menor las prioridades del vector $FARDLn$ para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, constituyéndose la Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada ($FARDLno$), lo cual se puede observar en la Tabla 30.

Tabla 30. Prioridad final ordenada de asignación de rutas a paquetes en la primera iteración ($FARDLno$)

Orden final de asignación de los rutas	Paquete al que se asignará la ruta
1º: r_{ijl} del $\text{Max}(FARDLn(r_{ijl}))$	p_{fgjk} del $\text{Max}(TPGF_{ijl,fgjk})$ para el r_{ijl} seleccionado
2º: r_{ijl} del $\text{Max}(FARDLn(r_{ijl}))$ para los r_{ijl} no asignados	p_{fgjk} del $\text{Max}(TPGF_{ijl,fgjk})$ para el r_{ijl} seleccionado
...	
ultimo: r_{ijl} no asignado	p_{fgjk} del $\text{Max}(TPGF_{ijl,fgjk})$ para el r_{ijl} seleccionado

Fuente: Elaboración propia

2.2.8 Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas concatenada (FARDLnc)

Se debe repetir el procedimiento, pero eliminando las solicitudes de asignaciones ya realizadas. La concatenación de todas las rondas de asignación de rutas a paquetes, da como resultado la Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas concatenada (*FARDLnc*).

2.2.9 Traslación Simbólica Descendente

Este proceso consiste en brindar información a los distintos nodos que han participado en el proceso de evaluación, del estado global del sistema, de las asignaciones de rutas a paquetes, para saber cuál es el orden de asignación global de solicitudes, con el objetivo de que puedan tomar decisiones, medidas, criterios, acciones, para mejorar el desempeño de su propio rendimiento y así aumentar las posibilidades de obtener mejores resultados a la hora de la evaluación de prioridades. Esta translación la realiza el Runtime central del nodo coordinador, a través de su modelo de decisión.

2.5. Ejemplo

En esta sección se explica en detalle un ejemplo de aplicación del operador de agregación propuesto en un esquema de datagramas, ver Fig. 3. Las estructuras de datos, las rutas y los paquetes que se ejecutan en los diferentes nodos, grupos, cardinalidades, criterios y categorías para evaluar las diferentes cargas y cálculos necesarios, son los mencionados en (Ríos & La Red Martinez, 2019a) y (J. T. Fornerón et al., 2020).

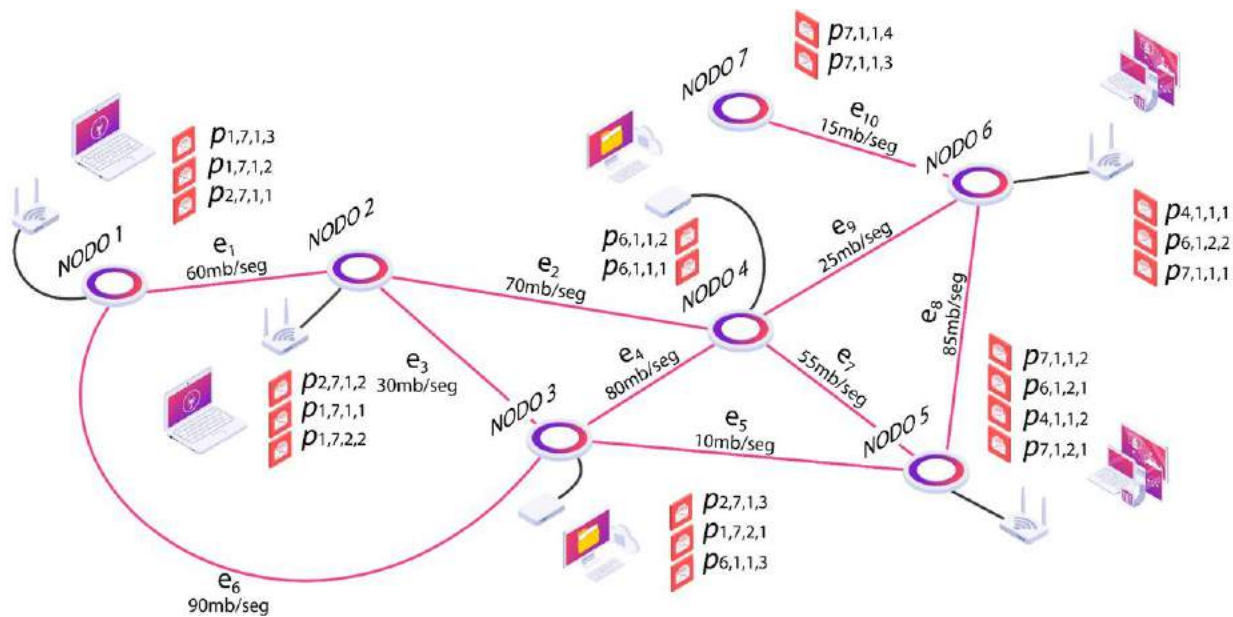


Fig. 3. Esquema de datagramas.

Fuente: Elaboración propia.

El administrador centralizado es el encargado de gestionar toda la información de control, tiene una visión global (información de la cual surgen los cálculos) y por ende de todos los cambios que ocurren en el escenario.

El sistema de rutas posibles tiene siete nodos:

$$\text{nodos} = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$$

Se considera que los paquetes sean despachados desde el origen hacia el destino, pudiendo distribuirse los mismos por los distintos nodos en base a los cambios previstos en cada nodo, para el despacho de los mismos hacia el destino fijado previamente.

Los paquetes que se encuentran en los nodos son los siguientes: tres paquetes en el nodo 1, tres paquetes en el nodo 2, tres paquetes en el nodo 3, dos paquetes en el nodo 4, cuatro paquetes en el nodo 5, tres paquetes en el nodo 6 y dos paquetes en el nodo 7.

Paquetes = $\{p_{ijkl}\}$ con i indicando el nodo inicio, j indicando el nodo destino, k indicando

el número de sesión y l el número de orden de secuencia de envío, lo que se puede expresar mediante la Tabla 31.

Tabla 31. Paquetes en cada nodo

Nodos	Paquetes			
1	p2711	p1712	p1713	
2	p2712	p1711	p1722	
3	p2713	p1721	p6113	
4	p6111	p6112		
5	p7112	p6121	p4112	p7121
6	p7111	p6122	p4111	
7	p7113	p7114		

Fuente: Elaboración propia.

Los paquetes pueden ser independientes (un solo paquete) o constituir conjuntos de paquetes (varios paquetes de una misma sesión). En este ejemplo se considerarán siete conjuntos de paquetes y un paquete independiente de diferentes sesiones.

El n° de paquetes de cada conjunto indica la cardinalidad del conjunto de paquetes y se representa de la siguiente manera:

$$card = \{card(g_i)\} = \{3, 2, 3, 3, 4, 1, 2, 2\} \text{ con } i \text{ indicando el conjunto.}$$

La prioridad de los conjuntos de paquetes, se considera que es la cardinalidad de cada grupo y se representa de la siguiente manera:

$$prg = \{prg_i = card(g_i)\} = \{3, 2, 3, 3, 4, 1, 2, 2\} \text{ con } i \text{ indicando el conjunto.}$$

Para hallar la prioridad de pertenencia, se debe tener en cuenta la prioridad de los conjuntos que serán divididas por la cantidad de paquetes en el sistema, se representa de la siguiente manera:

Prioridad de pertenencia = $\{prg_i/np\}$ con i indicando el conjunto de paquete, y np el número de paquetes en el sistema.

Para la prioridad de tipo de paquete que se considera en este ejemplo, se establecen tres tipos de paquetes con su respectiva prioridad, representadas en 2-tuplas, y se observan en la Tabla 32.

Tabla 32. Prioridades de tipos de paquetes

Tipos de paquete	Prioridad
Videoconferencias	T(A;0.0333)
Multimedia	T(M;0.000)
Pay transfer	T(B;-0.0333)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 33 se observan a todos los paquetes separados en conjuntos, con su prioridad de pertenencia, así también, con su prioridad según el tipo de paquete; ambas prioridades representadas en 2-tuplas.

Tabla 33. Conjunto de paquetes y paquetes independientes con sus prioridades.

Conjuntos de paquetes y paquetes independientes	Paquetes				Prioridad de pertenencia	Prioridad tipo de paquete	Tipo de paquetes
1	p1711	p1712	p1713		T(MB;-0.0167)	T(A;0.0333)	Videoconferencias
2	p1721	p1722			T(MB;-0.0667)	T(M;0.0000)	Multimedia
3	p6111	p6112	p6113		T(MB;-0.0167)	T(A;0.0333)	Videoconferencias
4	p2711	p2712	p2713		T(MB;-0.0167)	T(B;-0.0333)	Pay Transfer
5	p7111	p7112	p7113	p7114	T(MB;0.0333)	T(M;0.0000)	Multimedia
6	p7121				T(EB;0.0500)	T(M;0.0000)	Multimedia
7	p4111	p4112			T(MB;-0.0667)	T(B;-0.0333)	Pay Transfer
8	p6121	p6122			T(MB;-0.0667)	T(B;-0.0333)	Pay Transfer

Fuente: Elaboración propia.

Las rutas posibles en este ejemplo, abarcan entre los nodos origen y destino previamente definidos y se mencionan a continuación:

Rutas = $\{r_{ijk}\}$ con i indicando el nodo origen, j indicando el nodo destino y k número de rutas posibles, lo que se puede expresar mediante la Tabla 34.

Tabla 34. Rutas disponibles entre nodos

Nodos	Rutas		
1 a 2	r121	r122	r123
1 a 3	r131	r132	
1 a 4	r141	r142	r143
1 a 5	r151	r152	r153
1 a 6	r161	r162	r163
1 a 7	r171	r172	r173
2 a 1	r211	r212	
2 a 3	r231	r232	r233
2 a 4	r241	r242	
2 a 5	r251	r252	r253
2 a 6	r261	r262	
2 a 7	r271	r272	
3 a 1	r311	r312	r313
3 a 2	r321	r322	

Nodos		Rutas	
3 a 4	Γ_{341}	Γ_{342}	
3 a 5	Γ_{351}	Γ_{352}	Γ_{353}
3 a 6	Γ_{361}	Γ_{362}	
3 a 7	Γ_{371}	Γ_{372}	Γ_{373}
4 a 1	Γ_{411}	Γ_{412}	Γ_{413}
4 a 2	Γ_{421}	Γ_{422}	
4 a 3	Γ_{431}	Γ_{432}	
4 a 5	Γ_{451}	Γ_{452}	Γ_{453}
4 a 6	Γ_{461}	Γ_{462}	
4 a 7	Γ_{471}	Γ_{472}	Γ_{473}
5 a 1	Γ_{511}	Γ_{512}	Γ_{513}
5 a 2	Γ_{521}	Γ_{522}	
5 a 3	Γ_{531}	Γ_{532}	
5 a 4	Γ_{541}	Γ_{512}	Γ_{513}
5 a 6	Γ_{561}	Γ_{562}	
5 a 7	Γ_{571}	Γ_{572}	
6 a 1	Γ_{611}	Γ_{612}	Γ_{613}
6 a 2	Γ_{621}	Γ_{622}	
6 a 3	Γ_{631}	Γ_{632}	
6 a 4	Γ_{641}	Γ_{642}	
6 a 5	Γ_{651}	Γ_{652}	Γ_{653}
6 a 7	Γ_{671}		
7 a 1	Γ_{711}	Γ_{712}	Γ_{713}
7 a 2	Γ_{721}	Γ_{722}	
7 a 3	Γ_{731}	Γ_{732}	Γ_{733}
7 a 4	Γ_{741}	Γ_{742}	
7 a 5	Γ_{751}	Γ_{752}	

Fuente: Elaboración propia.

Los enlaces disponibles de las rutas posibles se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35. Enlaces disponibles en rutas posibles

Rutas		Enlaces			
Γ_{121}	e_1				
Γ_{122}	e_6	e_3			
Γ_{123}	e_6	e_4	e_2		
Γ_{131}	e_6				
Γ_{132}	e_1	e_3			
Γ_{141}	e_6	e_4			
Γ_{142}	e_1	e_2			
Γ_{143}	e_1	e_3	e_4		
Γ_{151}	e_1	e_2	e_7		
Γ_{152}	e_1	e_3	e_5		
Γ_{153}	e_6	e_5			
Γ_{161}	e_1	e_2	e_9		
Γ_{162}	e_1	e_3	e_5	e_8	
Γ_{163}	e_6	e_4	e_9		
Γ_{171}	e_1	e_2	e_9	e_{10}	
Γ_{172}	e_1	e_3	e_5	e_8	e_{10}
Γ_{173}	e_6	e_4	e_9	e_{10}	
Γ_{211}	e_1				
Γ_{212}	e_3	e_6			

Rutas		Enlaces			
r231	e3				
r232	e2	e4			
r233	e1	e6			
r241	e2				
r242	e3	e4			
r251	e2	e7			
r252	e3	e5			
r253	e1	e6	e5		
r261	e2	e9			
r262	e3	e5	e8		
r271	e2	e9	e10		
r272	e3	e5	e8	e10	
r311	e6				
r312	e3	e1			
r313	e4	e2	e1		
r321	e3				
r322	e4	e2			
r341	e4				
r342	e5	e7			
r351	e5				
r352	e4	e7			
r353	e4	e9	e8		
r361	e4	e9			
r362	e5	e8			
r371	e4	e9	e10		
r372	e5	e8	e10		
r373	e5	e7	e9	e10	
r411	e2	e1			
r412	e4	e3	e1		
r413	e4	e6			
r421	e2				
r422	e4	e3			
r431	e4				
r432	e7	e5			
r451	e7				
r452	e9	e8			
r453	e4	e5			
r461	e9				
r462	e7	e8			
r471	e9	e10			
r472	e7	e8	e10		
r473	e4	e5	e8	e10	
r511	e5	e3	e1		
r512	e7	e2	e1		
r513	e5	e6			
r521	e7	e2			
r522	e5	e3			
r531	e10				
r532	e7	e4			
r541	e7				
r542	e5	e4			
r543	e8	e9			
r561	e8				

Rutas		Enlaces			
r562	e7	e9			
r571	e8	e10			
r572	e7	e9	e10		
r611	e8	e5	e3	e1	
r612	e9	e2	e1		
r613	e8	e5	e6		
r621	e8	e5	e3		
r622	e9	e2			
r631	e8	e5			
r632	e9	e4			
r641	e9				
r642	e8	e7			
r651	e8				
r652	e9	e7			
r653	e9	e4	e5		
r671	e10				
r711	e10	e8	e5	e3	e1
r712	e10	e9	e2	e1	
r713	e10	e9	e4	e6	
r721	e10	e9	e2		
r722	e10	e8	e5	e3	
r731	e10	e8	e5		
r732	e10	e9	e4		
r733	e10	e8	e7	e4	
r741	e10	e9			
r742	e10	e8	e7		
r751	e10	e8			
r752	e10	e9	e7		
r761	e10				

Fuente: Elaboración propia.

Las solicitudes de rutas posibles por parte de los paquetes se muestran en la Tabla 36.

Tabla 36. Rutas posibles según solicitud de los paquetes.

Rutas	Paquetes
r171	p2711; p1712; p1713
r172	p2711; p1712; p1713
r173	p2711; p1712; p1713
r271	p2712; p1711; p1722
r272	p2712; p1711; p1722
r371	p2713; p1721
r372	p2713; p1721
r373	p2713; p1721
r311	p6113
r312	p6113
r313	p6113
r411	p6111; p6112
r412	p6111; p6112
r413	p6111; p6112
r511	p7112; p6121; p4112; p7121
r512	p7112; p6121; p4112; p7121
r513	p7112; p6121; p4112; p7121

Rutas	Paquetes
r ₆₁₁	p ₇₁₁₁ ; p ₆₁₂₂ ; p ₄₁₁₁
r ₆₁₂	p ₇₁₁₁ ; p ₆₁₂₂ ; p ₄₁₁₁
r ₆₁₃	p ₇₁₁₁ ; p ₆₁₂₂ ; p ₄₁₁₁
r ₇₁₁	p ₇₁₁₃ ; p ₇₁₁₄
r ₇₁₂	p ₇₁₁₃ ; p ₇₁₁₄
r ₇₁₃	p ₇₁₁₃ ; p ₇₁₁₄

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe cada una de las etapas de cálculo.

Traslación simbólica ascendente

El nodo central recibe la información de los demás nodos, y se encarga de convertir a su propio conjunto de etiquetas lingüísticas. Las valoraciones expresadas en un formato lingüístico utilizando las etiquetas lingüísticas y semánticas mencionadas, pueden verse en la Tabla 37.

Tabla 37. Propuestas para valorar la prioridad

Nombre de la etiqueta	Valor mínimo (VMin)	Valor más probable (VPro)	Valor máximo (VMax)
EA: Extremadamente Alta	0.83	1.00	1.00
MA: Muy Alta prioridad	0.67	0.83	1.00
A: Alta prioridad	0.50	0.67	0.83
ME: Media prioridad	0.33	0.50	0.67
B: Baja prioridad	0.17	0.33	0.50
MB: Muy Baja prioridad	0.00	0.17	0.33
EB: Extremadamente Baja	0.00	0.00	0.17

Fuente: Elaboración propia.

Todos los valores son representados en el formato de 2-tuplas, considerando las etiquetas lingüísticas propuestas anteriormente. Por lo tanto, se compara cada valor del criterio con el valor más probable de cada etiqueta, y la diferencia mínima de esta comparación constituye la etiqueta apropiada. La Tabla 38 muestra el mismo conjunto de etiquetas, con su valor más probable (VPro).

Tabla 38. Conjunto de siete etiquetas con su valor más probable

Nombre de la etiqueta	(VPro)
EA: Extremadamente Alta	1.00
MA: Muy Alta prioridad	0.83
A: Alta prioridad	0.67
ME: Media prioridad	0.50
B: Baja prioridad	0.33
MB: Muy Baja prioridad	0.17
EB: Extremadamente Baja	0.00

Fuente: Elaboración propia.

El primer elemento de la 2-tuplas es el valor lingüístico de esa etiqueta, mientras que el

segundo elemento es la diferencia entre el valor del criterio buscado y el valor más probable de la etiqueta seleccionada.

Tupla de valoración de criterios (T)

Tupla de Prioridad Nodal normalizada (TPNn):

Para obtener un indicador de la carga computacional actual de cada nodo, se adoptan los mismos tres criterios en los siete nodos, los valores de los criterios se representan en 2-tuplas y constituyen la TCC (Tupla Carga Computacional):

criterios = {% de uso de la CPU, % de uso de la memoria, N° de paquetes en el nodo}.

Los valores que se asumen para los indicadores de carga computacional de los siete nodos y el cálculo de carga promedio para cada nodo, se representan con el conjunto de etiquetas lingüísticas observada en la Tabla 38, por lo tanto sus expresiones en el formato de 2-tuplas, se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39. Valores de los criterios para medir la carga computacional en cada nodo

Nodos	Valores de los Criterios			
	% de uso de la CPU	% de uso de la memoria	N° de paquetes en el nodo	promedio
1	TCC(A;-0.0167)	TCC(A;0.0333)	TCC(A;-0.0667)	TCCp(M;0.1500)
2	TCC(A;0.0333)	TCC(A;-0.0667)	TCC(A;-0.0667)	TCCp(M;0.1300)
3	TCC(A;-0.0667)	TCC(M;0.0500)	TCC(A;-0.0667)	TCCp(M;0.0800)
4	TCC(M;0.0000)	TCC(M;-0.0500)	TCC(M;0.0000)	TCCp(M;-0.0200)
5	TCC(MA;-0.0333)	TCC(MA;-0.0833)	TCC(A;0.0333)	TCCp(A;-0.2500)
6	TCC(A;0.0133)	TCC(M;0.0000)	TCC(M;0.0500)	TCCp(M;0.0800)
7	TCC(B;0.0567)	TCC(B;0.0667)	TCC(B;0.0667)	TCCp(M;-0.100)

Fuente: Elaboración propia.

La TCCp (Tupla de Carga Computacional promedio) es la carga computacional que se indica en la última columna de la Tabla 39, que es el promedio de los criterios de cada nodo, esto determina la categoría de la carga computacional de cada nodo.

Para el establecimiento de las categorías de carga computacional y de los vectores de pesos asociados a las mismas, en esta propuesta las categorías se consideran las mismas para todos los

nodos; Alta, Media y Baja.

categorías = {Alta, Media, Baja}

Las categorías se clasifican en virtud al conjunto de 3 etiquetas que se expresan en la Tabla 40, y en la Tabla 41 se muestra el mismo conjunto con su valor más probable.

Tabla 40. Conjunto de etiquetas que expresan las categorías

Nombre de la etiqueta	Valor mínimo (VMin)	Valor más probable (VPro)	Valor máximo (VMax)
Alta	0.5	1.0	1.0
Media	0.0	0.5	1.0
Baja	0.0	0.0	0.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Conjunto de etiquetas con su valor medio

Nombre de la etiqueta	(VPro)
Alta	1.0
Media	0.5
Baja	0.0

Fuente: Elaboración propia.

Los valores que se obtienen para las categorías de carga de cada nodo, en base a los TCCp mostrados en la Tabla 39, se indican en la Tabla 42, en este caso, considerando el conjunto de tres etiquetas mostrados en la Tabla 41.

Tabla 42. Valores de las categorías para medir la carga computacional en cada nodo destino

Nodos	Valores de las Categorías
1	Media
2	Media
3	Media
4	Media
5	Alta
6	Media
7	Media

Fuente: Elaboración propia.

Para establecer los vectores de pesos asociados a las categorías de carga computacional actual de cada nodo, se utilizan los siguientes criterios:

criterios = {Nº de paquetes en el nodo, % de uso de CPU, % de uso de memoria, % de uso de memoria virtual y prioridad promedio de los paquetes en el nodo.}

Seguidamente se deben establecer los valores correspondientes a los vectores de pesos

constituyendo así la Tupla Vector de Pesos Nodal (TVPN) para las distintas categorías de carga, que en este ejemplo son iguales para todos los nodos, por el cual, se indica en la Tabla 43, expresados en 2-tuplas, considerando el conjunto de siete etiquetas mencionados en la Tabla 38.

Tabla 43. Pesos asignados a los criterios para calcular la prioridad o preferencia que cada nodo otorgará a cada requerimiento de posible ruta para cada paquete según la carga del nodo

Pesos					
Cat.	Nº Paq.	% CPU	% Mem.	% MV	Prioridad Promedio de Paq. En el nodo
Alta	TVPN(B;-0.0333)	TVPN(MB;0.0333)	TVPN(MB;-0.0667)	TVPN(MB;-0.0667)	TVPN(B;-0.0333)
Media	TVPN(MB;0.0333)	TVPN(B;-0.0333)	TVPN(MB;0.0333)	TVPN(MB;-0.0667)	TVPN(MB;0.0333)
Baja	TVPN(MB;0.0333)	TVPN(MB;0.0333)	TVPN(MB;0.0333)	TVPN(B;-0.0333)	TVPN(MB;-0.0667)

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 44 se muestran los criterios para el cálculo de Tupla Nodal (TN), representados en 2-tuplas.

Tabla 44. Criterios para el cálculo de la prioridad nodal

Criterios de valoración					
Nodos	Nº Paq.	% CPU	% Mem.	% MV	Prioridad Promedio de Paq. en el nodo
1	TN(A;-0.0667)	TN(A;-0.0167)	TN(A;0.0333)	TN(A;0.0333)	TN(MA;-0.0333)
2	TN(A;-0.0667)	TN(A;0.0333)	TN(A;-0.0667)	TN(A;-0.0667)	TN(A;0.0663)
3	TN(A;-0.0667)	TN(A;-0.0667)	TN(M;0.0500)	TN(A;-0.0667)	TN(A;0.0663)
4	TN(M;0.0000)	TN(M;-0.0500)	TN(M;0.0000)	TN(M;0.0000)	TN(MA;-0.0333)
5	TN(A;0.0333)	TN(MA;-0.0333)	TN(MA;-0.0833)	TN(A;0.0333)	TN(A;-0.0167)
6	TN(M;0.0500)	TN(A;0.0333)	TN(M;0.0000)	TN(M;0.0500)	TN(A;0.0663)
7	TN(B;0.0667)	TN(M;-0.0500)	TN(M;-0.0500)	TN(B;0.0667)	TN(MA;-0.0333)

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente paso se halla el producto de los criterios (TN) de cálculo de prioridad nodal indicados en la Tabla 44, por los (TVPN) vectores de pesos asociados a la categoría de carga computacional de cada nodo. El producto de los mismos constituye la Tupla Nodal multiplicada (TNm) y se indica a continuación en la Tabla 45.

Tabla 45. Resultado de la multiplicación de los criterios por el vector de pesos asociado a cada uno

Criterios de valoración					
Nodos	Nº Paq.	% CPU	% Mem.	% MV	Prioridad Promedio de Paq. en el nodo
1	TNm(MB;-0.0467)	TNm(MB;0.0283)	TNm(MB;-0.0267)	TNm(EB;0.0700)	TNm(MB;-0.0067)
2	TNm(MB;-0.0467)	TNm(MB;0.0433)	TNm(MB;-0.0467)	TNm(EB;0.0600)	TNm(MB;-0.0201)
3	TNm(MB;-0.0467)	TNm(MB;0.0133)	TNm(MB;-0.0567)	TNm(EB;0.0600)	TNm(MB;-0.0201)
4	TNm(MB;-0.0667)	TNm(MB;-0.0317)	TNm(MB;-0.0667)	TNm(EB;0.0500)	TNm(MB;-0.0067)
5	TNm(MB;0.0433)	TNm(MB;-0.0067)	TNm(EB;0.0750)	TNm(EB;0.0700)	TNm(MB;0.0283)
6	TNm(MB;-0.0567)	TNm(MB;0.0433)	TNm(MB;-0.0667)	TNm(EB;0.0550)	TNm(MB;-0.0201)
7	TNm(EB;0.0800)	TNm(MB;-0.0767)	TNm(MB;-0.0767)	TNm(MB;-0.0467)	TNm(EB;0.0800)

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la multiplicación por el vector de pesos proporciona valores muy cercanos al 0, y en consecuencia etiquetas muy similares, por lo tanto, se normalizan estos resultados entre valores extremos, para ello se utilizan los valores máximo, mínimo y rango (Tr) de la Tabla 45. Se resta el valor numérico de la 2-tuplas por el valor mínimo de todas ellas y se divide por el rango, que es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo. Los valores extremos y el rango se observan en la Tabla 46.

Tabla 46. Valoraciones utilizadas para la normalización

	Valor numérico	2-tuplas
Valor Máximo	0.21	TNm(MB;0.0433)
Valor Mínimo	0.05	TNm(EB;0.0500)
Rango (Tr)	0.16	Tr(MB;-0.0067)

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado lo mencionado en el párrafo anterior, se obtiene la Tupla Nodal multiplicada normalizada (TNmn), esto se puede observar en la Tabla 47.

Tabla 47. Valores normalizados

Criterios de valoración					
Nodos	Nº Paq.	% CPU	% Mem.	% MV	Prioridad Promedio de Paq. en el nodo
1	TNmn(M;-0.0625)	TNmn(MA;0.0729)	TNmn(M;0.0625)	TNmn(MB;-0.0417)	TNmn(A;0.0208)
2	TNmn(M;-0.0625)	TNmn(EA;0.0000)	TNmn(M;-0.0625)	TNmn(EB;0.0625)	TNmn(A;-0.0629)
3	TNmn(M;-0.0625)	TNmn(MA;-0.0208)	TNmn(B;0.0417)	TNmn(EB;0.0625)	TNmn(A;-0.0629)
4	TNmn(B;-0.0208)	TNmn(M;0.0313)	TNmn(B;-0.0208)	TNmn(EB;0.0000)	TNmn(A;0.0208)
5	TNmn(EA;0.0000)	TNmn(A;0.0208)	TNmn(MB;-0.0104)	TNmn(MB;-0.0417)	TNmn(MA;0.0729)
6	TNmn(B;0.0417)	TNmn(EA;0.0000)	TNmn(B;-0.0208)	TNmn(EB;0.0313)	TNmn(A;-0.0629)
7	TNmn(MB;0.0208)	TNmn(B;-0.0833)	TNmn(B;-0.0833)	TNmn(M;-0.0625)	TNmn(MB;0.0208)

Fuente: Elaboración propia

Luego se realiza la sumatoria de los valores TNmn de cada nodo para constituir la Tupla de Prioridad Nodal (TPN). Posteriormente se vuelve a normalizar entre los valores extremos de la sumatoria.

Tabla 48. Prioridades nodales normalizadas

Nodos	Prioridades Nodales Normalizadas
1	TPNn(MA;0.0667)
2	TPNn(MA;-0.0469)
3	TPNn(A;-0.0403)
4	TPNn(B;0.0067)
5	TPNn(EA;0.0000)
6	TPNn(A;-0.0203)
7	TPNn(EB;0.0000)

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 48 muestra la sumatoria de los criterios ya normalizados, que constituye la Tupla de Prioridad Nodal normalizada (TPNn), y hace posible la representación en 2-tuplas.

Tupla de Prioridad Enlace normalizada (TPEn)

Para obtener un indicador de la carga computacional actual de los enlaces, en este ejemplo se adoptan los mismos tres criterios para todos los enlaces:

criterios = {factor de velocidad de transmisión (% de velocidad del enlace respecto de la velocidad del enlace de mayor velocidad), factor de confiabilidad (% de paquetes transmitidos sin error), factor de disponibilidad (% de capacidad disponible en el canal)}.

Se asumen valores para los indicadores de Tupla Carga computacional de los Enlaces (TCE) del escenario propuesto y se calcula el estado promedio para cada enlace (TCEp), expresadas en etiquetas lingüísticas y 2-tuplas, ver Tabla 49.

Tabla 49. Valores de los criterios para medir el estado de cada enlace representados en 2-tuplas

Enlaces	Valores de los Criterios			
	% de velocidad	% de paquetes transmitidos sin error	% de capacidad disponible en el canal	% promedio
e1	TCE(A;0.0033)	TCE(A;0.0333)	TCE(MA;0.0667)	TCEp(A;-0.2433)
e2	TCE(MA;-0.0533)	TCE(MA;-0.0333)	TCE(MA;-0.0333)	TCEp(A;-0.2067)
e3	TCE(B;-0.0033)	TCE(MA;0.0667)	TCE(A;0.0333)	TCEp(M;0.1433)
e4	TCE(MA;0.0567)	TCE(M;0.0000)	TCE(A;-0.0667)	TCEp(M;0.1633)
e5	TCE(MB;-0.0567)	TCE(M;0.0000)	TCE(M;0.0000)	TCEp(M;-0.1300)
e6	TCE(EA;0.0000)	TCE(MB;-0.0767)	TCE(MB;-0.0667)	TCEp(M;-0.1033)
e7	TCE(A;-0.0567)	TCE(A;-0.0167)	TCE(A;0.0333)	TCEp(M;0.1533)
e8	TCE(EA;-0.0600)	TCE(A;-0.0667)	TCE(M;0.0000)	TCEp(M;0.1800)
e9	TCE(B;-0.0633)	TCE(M;-0.0500)	TCE(A;-0.0667)	TCEp(M;-0.0600)
e10	TCE(MB;-0.0067)	TCE(B;-0.0333)	TCE(MB;0.0333)	TCEp(B;0.2200)

Fuente: Elaboración propia.

La TCEp es la Tupla de Carga de Enlace promedio de cada enlace, y se indica en la última columna de la tabla anterior. Los promedios mencionados determinan la categoría correspondiente a cada enlace.

En esta propuesta las categorías son las mismas para todos los enlaces; Alta, Media y Baja.

Categorías = {Alta, Media, Baja}

Las categorías se clasifican en virtud al conjunto de 3 etiquetas que ya fueron expresadas en la Tabla 41.

Los valores que se obtienen para las categorías de carga en base a los promedios mostrados en la Tabla 49, se indican en la Tabla 50, estos representados en 2-tuplas, en este caso, considerando el conjunto de tres etiquetas mostradas en la Tabla 41.

Tabla 50. Valores de las categorías para medir el estado de cada enlace

Enlaces	Valores de las Categorías
e1	Alta
e2	Alta
e3	Media
e4	Media
e5	Media
e6	Media
e7	Media
e8	Media
e9	Media
e10	Baja

Fuente: Elaboración propia.

Se establecen los vectores de pesos asociados a las categorías del estado actual de cada enlace utilizando los siguientes criterios: factor de velocidad de transmisión (% de velocidad del enlace respecto de la velocidad del enlace de mayor velocidad), factor de confiabilidad (% de paquetes transmitidos sin error), factor de disponibilidad (% de capacidad disponible en el canal).

Criterios para preferencias = {factor de velocidad de transmisión (% de velocidad del enlace respecto de la velocidad del enlace de mayor velocidad), factor de confiabilidad (% de paquetes transmitidos sin error), factor de disponibilidad (% de capacidad disponible en el canal)}.

Seguidamente se consideran la TVPE (Tupla Vector de Pesos de Enlaces) para las distintas categorías de estado de enlaces de carga, que en este ejemplo, son iguales para todos los enlaces, por el cual, se indica en la Tabla 51, expresados en 2-tuplas, considerando el conjunto de siete etiquetas mencionadas en la Tabla 38.

Tabla 51. Pesos asignados a los criterios para calcular la prioridad o preferencia que cada enlace otorgará a cada requerimiento de posible ruta para cada paquete el estado de cada enlace

Categorías	Pesos		
	Factor de Vel.	Factor de conf.	Factor de disp.
Alta	TVPE(MB;0.0333)	TVPE(MB;0.0333)	TVPE(A;-0.0667)
Media	TVPE(M;0.0000)	TVPE(MB;-0.0667)	TVPE(B;0.0667)
Baja	TVPE(M;0.0000)	TVPE(B;-0.0333)	TVPE(MB;0.0333)

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente paso se halla el producto de las TCE de la Tabla 49 y las TVPE de la Tabla 51, esto considerando la TVPE, que son los vectores de pesos asociados a la categoría del estado de cada enlace correspondiente. El producto de los mismos constituye la TEm (Tupla de Enlace multiplicada), y se indica a continuación en la Tabla 52.

Tabla 52. Valores de los criterios multiplicados por el vector de pesos asociado

Categorías	Pesos		
	Factor de Vel.	Factor de conf.	Factor de disp.
e1	TEm(MB;-0.0327)	TEm(MB;-0.0267)	TEm(M;0.0400)
e2	TEm(MB;-0.0107)	TEm(MB;-0.0067)	TEm(M;-0.0200)
e3	TEm(MB;-0.0017)	TEm(MB;-0.0767)	TEm(B;-0.0533)
e4	TEm(M;-0.0550)	TEm(EB;0.0500)	TEm(MB;0.0733)
e5	TEm(EB;0.0550)	TEm(MB;-0.0167)	TEm(MB;-0.0667)
e6	TEm(M;0.0000)	TEm(EB;0.0270)	TEm(EB;0.0200)
e7	TEm(B;-0.0283)	TEm(EB;0.0650)	TEm(B;-0.0533)
e8	TEm(M;-0.0300)	TEm(EB;0.0600)	TEm(MB;0.0333)
e9	TEm(MB;-0.0317)	TEm(EB;0.0450)	TEm(MB;0.0733)
e10	TEm(EB;0.0800)	TEm(MB;-0.0767)	TEm(EB;0.0400)

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la multiplicación por el vector de pesos proporciona valores muy cercanos al 0, y en consecuencia, etiquetas muy similares, por lo tanto, se normalizan estos resultados entre valores extremos, utilizando los valores máximo, mínimo y rango de la Tabla 52. Se resta cada valor numérico de la 2-tuplas por el valor mínimo de todas ellas y se divide por el rango (Tr), que es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo. Los valores extremos y el rango se observa en la Tabla 53.

Una vez realizado lo mencionado en el párrafo anterior, se obtienen las TEmn (Tupla de Enlace multiplicada normalizada), esto se observa en la Tabla 54.

Tabla 53. Valoraciones para normalizar la Tabla 52

	Valor numérico	2-tuplas
Valor Máximo	0,21	TEmn(MB;0.0433)
Valor Mínimo	0,05	TEmn(EB;0.0500)
Rango	0,16	Tr(MB;-0.0067)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Valores de los criterios multiplicados por el vector de pesos asociado

Categorías	Pesos		
	Factor de Vel.	Factor de conf.	Factor de disp.
e1	TEmn(MB;0.0526)	TEmn(MB;0.0641)	TEmn(EA;0.0000)
e2	TEmn(B;-0.0718)	TEmn(B;-0.0641)	TEmn(MA;0.0513)
e3	TEmn(B;-0.0545)	TEmn(MB;-0.0321)	TEmn(M;0.0000)
e4	TEmn(MA;-0.0160)	TEmn(EB;0.0577)	TEmn(M;-0.0769)
e5	TEmn(EB;0.0673)	TEmn(B;-0.0833)	TEmn(MB;-0.0128)
e6	TEmn(EA;-0.0769)	TEmn(EB;0.0135)	TEmn(EB;0.0000)
e7	TEmn(M;0.0481)	TEmn(MB;-0.0801)	TEmn(M;0.0000)
e8	TEmn(MA;0.0321)	TEmn(EB;0.0769)	TEmn(B;0.0128)
e9	TEmn(MB;0.0545)	TEmn(EB;0.0481)	TEmn(M;-0.0769)
e10	TEmn(MB;-0.0513)	TEmn(MB;-0.0321)	TEmn(EB;0.0385)

Fuente: Elaboración propia

Para obtener la TPE (Tupla Prioridad de Enlace) se realiza la sumatoria de los TE_{mn} de cada enlace; y en vista a que los resultados no están comprendidos en el intervalo de [0,1], se normalizan entre los valores extremos de la sumatoria. La Tabla 55 muestra la sumatoria de los criterios ya normalizados representados en 2-tuplas.

Tabla 55. Prioridades de enlaces normalizadas

Enlaces	Prioridades de Enlaces Normalizadas
e1	TPEn(EA;0.0000)
e2	TPEn(EA;-0.0298)
e3	TPEn(M;0.0381)
e4	TPEn(MA;0.0359)
e5	TPEn(MB;-0.0094)
e6	TPEn(M;0.0579)
e7	TPEn(A;0.0618)
e8	TPEn(MA;0.0276)
e9	TPEn(B;0.0143)
e10	TPEn(EB;0.0000)

Fuente: Elaboración propia

Tupla de Saltos (TS)

Se determina la TS desde el origen al destino de cada ruta, y se calcula como $1/N$. En la Tabla 35 presentada anteriormente, se observan a las rutas con sus respectivos enlaces de este

ejemplo, la cantidad de enlaces de cada ruta se considera que es igual al valor N para calcular el número de saltos.

Los valores resultantes de $1/N$ de cada ruta, se representan en 2-tuplas constituyendo la TS (Tupla de Saltos), que se observa en la Tabla 56.

Tabla 56. Valores de los números de saltos de cada ruta

ruta	Número de saltos
r121	TS(EA;0.0000)
r122	TS(M;0.0000)
r123	TS(B;0.0000)
r131	TS(EA;0.0000)
r132	TS(M;0.0000)
r141	TS(M;0.0000)
r142	TS(M;0.0000)
r143	TS(B;0.0000)
r151	TS(B;0.0000)
r152	TS(B;0.0000)
r153	TS(M;0.0000)
r161	TS(B;0.0000)
r162	TS(B;-0.0833)
r163	TS(B;0.0000)
r171	TS(B;-0.0833)
r172	TS(MB;0.0333)
r173	TS(B;-0.0833)
r211	TS(EA;0.0000)
r212	TS(M;0.0000)
r231	TS(EA;0.0000)
r232	TS(M;0.0000)
r233	TS(M;0.0000)
r241	TS(EA;0.0000)
r242	TS(M;0.0000)
r251	TS(M;0.0000)
r252	TS(M;0.0000)
r253	TS(B;0.0000)
r261	TS(M;0.0000)
r262	TS(B;0.0000)
r271	TS(B;0.0000)
r272	TS(B;-0.0833)
r311	TS(EA;0.0000)
r312	TS(M;0.0000)
r313	TS(B;0.0000)
r321	TS(EA;0.0000)
r322	TS(M;0.0000)
r341	TS(EA;0.0000)
r342	TS(M;0.0000)
r351	TS(EA;0.0000)
r352	TS(M;0.0000)
r353	TS(B;0.0000)
r361	TS(M;0.0000)
r362	TS(M;0.0000)
r371	TS(B;0.0000)
r372	TS(B;0.0000)
r373	TS(B;-0.0833)
r411	TS(M;0.0000)
r412	TS(B;0.0000)
r413	TS(M;0.0000)

ruta	Número de saltos
r421	TS(EA;0.0000)
r422	TS(M;0.0000)
r431	TS(EA;0.0000)
r432	TS(M;0.0000)
r451	TS(EA;0.0000)
r452	TS(M;0.0000)
r453	TS(M;0.0000)
r461	TS(EA;0.0000)
r462	TS(M;0.0000)
r471	TS(M;0.0000)
r472	TS(B;0.0000)
r473	TS(B;-0.0833)
r511	TS(B;0.0000)
r512	TS(B;0.0000)
r513	TS(M;0.0000)
r521	TS(M;0.0000)
r522	TS(M;0.0000)
r531	TS(EA;0.0000)
r532	TS(M;0.0000)
r541	TS(EA;0.0000)
r542	TS(M;0.0000)
r543	TS(M;0.0000)
r561	TS(EA;0.0000)
r562	TS(M;0.0000)
r571	TS(M;0.0000)
r572	TS(B;0.0000)
r611	TS(B;-0.0833)
r612	TS(B;0.0000)
r613	TS(B;0.0000)
r621	TS(B;0.0000)
r622	TS(M;0.0000)
r631	TS(M;0.0000)
r632	TS(M;0.0000)
r641	TS(EA;0.0000)
r642	TS(M;0.0000)
r651	TS(EA;0.0000)
r652	TS(M;0.0000)
r653	TS(B;0.0000)
r671	TS(EA;0.0000)
r711	TS(MB;0.0333)
r712	TS(B;-0.0833)
r713	TS(B;-0.0833)
r721	TS(B;0.0000)
r722	TS(B;-0.0833)
r731	TS(B;0.0000)
r732	TS(B;0.0000)
r733	TS(B;-0.0833)
r741	TS(M;0.0000)
r742	TS(B;0.0000)
r751	TS(M;0.0000)
r752	TS(B;0.0000)
r761	TS(EA;0.0000)

Fuente: Elaboración propia

Tupla de Prioridad Nodal, Enlaces y Saltos (TPNES)

Se calculan las prioridades o preferencias de los paquetes para acceder a las posibles rutas (la calcula el administrador centralizado de rutas disponibles). Una vez obtenidos los valores

parciales de los nodos, enlaces y saltos correspondientes a las rutas solicitadas por los paquetes, los mismos se suman y se dividen por el número de componentes intervinientes en esa posible ruta (nodos, enlaces y número de saltos), y constituyen la Tupla de Prioridad Nodal, Enlaces y Saltos (TPNES). A partir de las prioridades nodales, de enlaces y saltos, se calculan las prioridades globales finales, es decir, con qué prioridad, o sea en qué orden, las rutas posibles solicitadas serán otorgadas y a qué paquetes se hará dicho otorgamiento. A continuación se mostrarán los resultados de prioridades nodales, de enlaces y saltos de los paquetes para acceder a cada posible ruta. Para el cálculo de las prioridades finales se utilizarán la Tabla 57, Tabla 58, Tabla 59, Tabla 60, Tabla 61, Tabla 62, Tabla 63 y Tabla 64.

Tabla 57. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₂	p ₁₇₁₃
r ₁₇₁	TPNES(M;0.0304)	TPNES(M;0.0304)	TPNES(M;0.0304)
r ₁₇₂	TPNES(M;0.0326)	TPNES(M;0.0326)	TPNES(M;0.0326)
r ₁₇₃	TPNES(M;0.0165)	TPNES(M;0.0165)	TPNES(M;0.0165)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₁₁	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPNES(M;-0.0168)	TPNES(M;-0.0168)	TPNES(M;-0.0168)
r ₂₇₂	TPNES(M;-0.0069)	TPNES(M;-0.0069)	TPNES(M;-0.0069)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃	p ₁₇₂₁
r ₃₇₁	TPNES(M;-0.0255)	TPNES(M;-0.0255)
r ₃₇₂	TPNES(M;-0.0191)	TPNES(M;-0.0191)
r ₃₇₃	TPNES(M;-0.0365)	TPNES(M;-0.0365)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₃
r ₃₁₁	TPNES(MA;-0.0083)
r ₃₁₂	TPNES(A;-0.0286)
r ₃₁₃	TPNES(A;-0.0150)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₁	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPNES(A;0.0236)	TPNES(A;0.0236)
r ₄₁₂	TPNES(A;-0.0421)	TPNES(A;-0.0421)
r ₄₁₃	TPNES(A;-0.0014)	TPNES(A;-0.0014)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p7112	p6121	p4112	p7121
r511	TPNES(M;0.0632)	TPNES(M;0.0632)	TPNES(M;0.0632)	TPNES(M;0.0632)
r512	TPNES(A;-0.0272)	TPNES(A;-0.0272)	TPNES(A;-0.0272)	TPNES(A;-0.0272)
r513	TPNES(M;0.0793)	TPNES(M;0.0793)	TPNES(M;0.0793)	TPNES(M;0.0793)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p7111	p6122	p4111
r611	TPNES(A;-0.0776)	TPNES(A;-0.0776)	TPNES(A;-0.0776)
r612	TPNES(A;-0.0600)	TPNES(A;-0.0600)	TPNES(A;-0.0600)
r613	TPNES(A;-0.0715)	TPNES(A;-0.0715)	TPNES(A;-0.0715)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p7113	p7114
r711	TPNES(M;0.0531)	TPNES(M;0.0531)
r712	TPNES(M;0.0554)	TPNES(M;0.0554)
r713	TPNES(M;0.0415)	TPNES(M;0.0415)

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso corresponde a la primera ronda de asignación de paquetes a rutas, en las que se desarrollaran los pasos del 4 al 7 de la Fig. 2. A medida que los paquetes se van despachando, las rutas se liberan y quedan disponibles para otros paquetes, al finalizar todas las rondas, se obtendrá el listado final ordenado y concatenado con todas las rondas de asignación, que corresponde a la FARDLnc.

Primera iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

En este paso se realiza el cálculo de las prioridades o preferencias de los paquetes para acceder a las rutas disponibles, se determina el orden en que se asignan las rutas y a qué paquete es asignada cada posible ruta, representando los valores mediante etiquetas lingüísticas y 2-tuplas. En esta etapa se consideran las prioridades nodales, de estados de los enlaces y saltos (TPNES) calculadas en la etapa anterior para cada requerimiento de acceso a las rutas disponibles por parte de los paquetes. A partir de estas prioridades nodales, de enlaces y saltos se calculan las prioridades globales o finales, es decir, con qué prioridad, o sea en qué orden, las posibles rutas establecidas serán otorgadas y a qué paquetes se hará dicho otorgamiento. Los requerimientos que no son

atendidos por resultar con bajas prioridades, serán nuevamente considerados en la siguiente iteración del método. Seguidamente se calculan los vectores de pesos finales que se utilizarán en el proceso final de agregación para determinar el orden o prioridad de acceso a las rutas.

Para la Tupla de Pesos Finales de Pertenencia (TPFP) se determina si el paquete integra un grupo de paquetes, de este modo se considera $(prg_i)/np$, donde np es el número de paquetes en el sistema y prg_i es la prioridad del grupo de paquetes al que pertenece el paquete; si es un paquete independiente se considera $1/np$. Esto constituye la Tupla de Pesos Finales de Pertenencia (TPFP).

Posteriormente se determinan las preferencias del tipo de paquete. En este ejemplo se consideran los tres tipos de paquetes (pay transfer, multimedia, mail) con sus respectivas preferencias, establecidos en la Tabla 32 y cuyas preferencias deben ser multiplicadas por cada TPFP para obtener la Tupla de Pesos Finales de Tipo de Paquete (TPFTP), que luego se normalizan para obtener la Tupla de Pesos Finales normalizadas (TPFn), todo esto representado en etiquetas lingüísticas y en 2-tuplas.

Los pesos finales y pesos finales normalizados asignados a los paquetes para calcular la prioridad o preferencia final de acceso a las posibles rutas, se muestran en las tablas Tabla 65, Tabla 66, Tabla 67, Tabla 68, Tabla 69, Tabla 70, Tabla 71 y Tabla 72.

Tabla 65. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Operaciones	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₂	p ₁₇₁₃
Pesos finales de pertenencia	TPFP(MB;-0.0167)	TPFP(MB;-0.0167)	TPFP(MB;-0.0167)
Preferencias de tipo de paquete	T(B;-0.0333)	T(A;0.0333)	T(A;0.0333)
Pesos Finales de Tipo de paquete	TPFTP(EB;0.0450)	TPFTP(MB;-0.0617)	TPFTP(MB;-0.0617)
Pesos Finales Normalizados	TPFn(EB;0.0319)	TPFn(EB;0.0745)	TPFn(EB;0.0745)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Operaciones	p ₂₇₁₂	p ₁₇₁₁	p ₁₇₂₂
Pesos finales de pertenencia	TPFP (MB;-0.0167)	TPFP (MB;-0.0167)	TPFP (MB;-0.0667)
Preferencias de tipo de paquete	T(B;-0.0333)	T(A;0.0333)	T(M;0.0000)
Pesos Finales de Tipo de paquete	TPFTP(EB;0.0450)	TPFTP(MB;-0.0617)	TPFTP(EB;0.0500)
Pesos Finales Normalizados	TPFn(EB;0.0319)	TPFn(EB;0.0745)	TPFn(EB;0.0355)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67. Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Operaciones	p ₂₇₁₃	p ₁₇₂₁
Pesos finales de pertenencia	TPFP(MB;-0.0167)	TPFP(MB;-0.0667)
Preferencias de tipo de paquete	T(B;-0.0333)	T(M;0.0000)
Pesos Finales de Tipo de paquete	TPFTP(EB;0.0450)	TPFTP(EB;0.0500)
Pesos Finales Normalizados	TPFn(EB;0.0319)	TPFn(EB;0.0355)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 68.** Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1

Operaciones	p ₆₁₁₃
Pesos finales de pertenencia	TPFP(MB;-0.0167)
Preferencias de tipo de paquete	T(A;0.0333)
Pesos Finales de Tipo de paquete	TPFTP(MB;-0.0617)
Pesos Finales Normalizados	TPFn(EB;0.0745)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 69.** Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Operaciones	p ₆₁₁₁	p ₆₁₁₂
Pesos finales de pertenencia	TPFP(MB;-0.0167)	TPFP(MB;-0.0167)
Preferencias de tipo de paquete	T(A;0.0333)	T(A;0.0333)
Pesos Finales de Tipo de paquete	TPFTP(MB;-0.0617)	TPFTP(MB;-0.0617)
Pesos Finales Normalizados	TPFn(EB;0.0745)	TPFn(EB;0.0745)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 70.** Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Operaciones	p ₇₁₁₂	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
Pesos finales de pertenencia	TPFP(MB;0.0333)	TPFP(MB;-0.0667)	TPFP(MB;-0.0667)	TPFP(EB;0.0500)
Preferencias de tipo de paquete	T(M;0.0000)	T(B;-0.0333)	T(B;-0.0333)	T(M;0.0000)
Pesos Finales de Tipo de paquete	TPFTP(MB;-0.0667)	TPFTP(EB;0.0300)	TPFTP(EB;0.0300)	TPFTP(EB;0.0250)
Pesos Finales Normalizados	TPFn(EB;0.0709)	TPFn(EB;0.0213)	TPFn(EB;0.0213)	TPFn(EB;0.0177)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 71.** Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Operaciones	p ₇₁₁₁	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
Pesos finales de pertenencia	TPFP(MB;0.0333)	TPFP(MB;-0.0667)	TPFP(MB;-0.0667)
Preferencias de tipo de paquete	T(M;0.0000)	T(B;-0.0333)	T(B;-0.0333)
Pesos Finales de Tipo de paquete	TPFTP(MB;-0.0667)	TPFTP(EB;0.0300)	TPFTP(EB;0.0300)
Pesos Finales Normalizados	TPFn(EB;0.0709)	TPFn(EB;0.0213)	TPFn(EB;0.0213)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 72.** Pesos aplicados a los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Operaciones	p ₇₁₁₃	p ₇₁₁₄
Pesos finales de pertenencia	TPFP(MB;0.0333)	TPFP(MB;0.0333)
Preferencias de tipo de paquete	T(M;0.0000)	T(M;0.0000)
Pesos Finales de Tipo de paquete	TPFTP(MB;-0.0667)	TPFTP(MB;-0.0667)
Pesos Finales Normalizados	TPFn(EB;0.0709)	TPFn(EB;0.0709)

Fuente: Elaboración propia.

Las prioridades nodales, de enlaces y saltos indicados en la TPNES tomadas fila por fila, es decir, respecto de cada ruta, se multiplican escalarmente por los vectores de pesos finales normalizados TPFn indicados recientemente, para obtener la TPGF (Tupla de Prioridad Global Final) de acceso de cada paquete a cada ruta; esto se indica a continuación, en las tablas Tabla 73, Tabla 74, Tabla 75, Tabla 76, Tabla 77, Tabla 78, Tabla 79 y Tabla 80.

Tabla 73. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₂	p ₁₇₁₃
r ₁₇₁	TPGF(EB;0.0169)	TPGF(EB;0.0395)	TPGF(EB;0.0395)
r ₁₇₂	TPGF(EB;0.0170)	TPGF(EB;0.0397)	TPGF(EB;0.0396)
r ₁₇₃	TPGF(EB;0.0165)	TPGF(EB;0.0385)	TPGF(EB;0.0385)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 74.** TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₁₁	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPGF(EB;0.0154)	TPGF(EB;0.0360)	TPGF(EB;0.0171)
r ₂₇₂	TPGF(EB;0.0157)	TPGF(EB;0.0367)	TPGF(EB;0.0175)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 75.** TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃	p ₁₇₂₁
r ₃₇₁	TPGF(EB;0.0151)	TPGF(EB;0.0168)
r ₃₇₂	TPGF(EB;0.0154)	TPGF(EB;0.0171)
r ₃₇₃	TPGF(EB;0.0148)	TPGF(EB;0.0164)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 76.** TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₃
r ₃₁₁	TPGF(EB;0.0614)
r ₃₁₂	TPGF(EB;0.0475)
r ₃₁₃	TPGF(EB;0.0485)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 77.** TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₁	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPGF(EB;0.0514)	TPGF(EB;0.0514)
r ₄₁₂	TPGF(EB;0.0465)	TPGF(EB;0.0465)
r ₄₁₃	TPGF(EB;0.0495)	TPGF(EB;0.0495)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 78.** TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₂	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(EB;0.0399)	TPGF(EB;0.0120)	TPGF(EB;0.0120)	TPGF(EB;0.0100)
r ₅₁₂	TPGF(EB;0.0454)	TPGF(EB;0.0136)	TPGF(EB;0.0136)	TPGF(EB;0.0113)
r ₅₁₃	TPGF(EB;0.0411)	TPGF(EB;0.0123)	TPGF(EB;0.0123)	TPGF(EB;0.0103)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 79.** TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₁	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPGF(EB;0.0418)	TPGF(EB;0.0125)	TPGF(EB;0.0125)
r ₆₁₂	TPGF(EB;0.0430)	TPGF(EB;0.0129)	TPGF(EB;0.0129)
r ₆₁₃	TPGF(EB;0.0422)	TPGF(EB;0.0127)	TPGF(EB;0.0127)

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 80.** TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₃	p ₇₁₁₄
r ₇₁₁	TPGF(EB;0.0392)	TPGF(EB;0.0392)
r ₇₁₂	TPGF(EB;0.0394)	TPGF(EB;0.0394)
r ₇₁₃	TPGF(EB;0.0384)	TPGF(EB;0.0384)

*Fuente: Elaboración propia.****Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)***

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son

evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 81.

Tabla 81. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₂	TPGFs(MB;-0.0703)	r ₁₇₂ al p ₁₇₁₂
r ₂₇₂	TPGFs(EB;0.0699)	r ₂₇₂ al p ₁₇₁₁
r ₃₇₂	TPGFs(EB;0.0324)	r ₃₇₁ al p ₁₇₂₁
r ₃₁₁	TPGFs(EB;0.0614)	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(MB;-0.0638)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₁
r ₅₁₂	TPGFs(MB;-0.0828)	r ₅₁₂ al p ₇₁₁₂
r ₆₁₂	TPGFs(EB;0.0689)	r ₆₁₂ al p ₇₁₁₁
r ₇₁₂	TPGFs(EB;0.0788)	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₃

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango como puede verse en la Tabla 82.

Tabla 82. Valoraciones para normalizar la *FARDL*

Etiqueta	Valor de la <i>FARDL</i>
Valor Máximo	Máximo TPGFs(MB;-0.0638)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(EB;0.0324)
Rango (tr)	Máximo TPGFs(MB;-0.0638) - Mínimo TPGFs(EB;0.0324)

Fuente: Elaboración propia.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*).

Tabla 83. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada

FARDLn	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₂	TPGFs(MA;0.0744)	r ₁₇₂ al p ₁₇₁₂
r ₂₇₂	TPGFs(M;0.0331)	r ₂₇₂ al p ₁₇₁₁
r ₃₇₂	TPGFs(EB;0.0000)	r ₃₇₂ al p ₁₇₂₁
r ₃₁₁	TPGFs(B;0.0790)	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(EA;0.0000)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₁
r ₅₁₂	TPGFs(A;0.0648)	r ₅₁₂ al p ₇₁₁₂
r ₆₁₂	TPGFs(M;0.0176)	r ₆₁₂ al p ₇₁₁₁
r ₇₁₂	TPGFs(A;-0.0080)	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₃

Fuente: Elaboración propia

En el vector *FARDLn* se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGFs_{ijl,fgjk}$ para cada

ruta indica el paquete al que se asigna la ruta, ver Tabla 83.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (FARDLno)

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDLn* para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDLno*, por el cual se puede observar en la Tabla 84.

Tabla 84. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas

FARDLno	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r411	TPGFs(EA;0.0000)	r411 al p6111
r172	TPGFs(MA;0.0744)	r172 al p1712
r512	TPGFs(A;0.0648)	r512 al p7112
r712	TPGFs(A;-0.0080)	r712 al p7113
r272	TPGFs(M;0.0331)	r272 al p1711
r612	TPGFs(M;0.0176)	r612 al p7111
r311	TPGFs(B;0.0790)	r311 al p6113
r372	TPGFs(EB;0.0000)	r372 al p1721

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 84 es el resultado final de la primera asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Segunda iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

En la segunda asignación de rutas a paquetes, se repite el procedimiento a partir de la TPGF, esto se observa en Tabla 85, Tabla 86, Tabla 87, Tabla 88, Tabla 89, Tabla 90 y Tabla 91, donde se excluyen los paquetes despachados y las rutas que no son solicitadas por el resto de los paquetes.

Tabla 85. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p2711	p1713
r171	TPGF(EB;0.0373)	TPGF(MB;-0.0797)
r172	TPGF(EB;0.0375)	TPGF(MB;-0.0793)
r173	TPGF(EB;0.03632)	TPGF(MB;-0.0819)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 86. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPGF(EB;0.0340)	TPGF(EB;0.0378)
r ₂₇₂	TPGF(EB;0.0347)	TPGF(EB;0.0385)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃
r ₃₇₁	TPGF(EB;0.0334)
r ₃₇₂	TPGF(EB;0.0338)
r ₃₇₃	TPGF(EB;0.0326)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPGF(MB;-0.0534)
r ₄₁₂	TPGF(MB;-0.0642)
r ₄₁₃	TPGF(MB;-0.0575)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(EB;0.0264)	TPGF(EB;0.0264)	TPGF(EB;0.0220)
r ₅₁₂	TPGF(EB;0.0300)	TPGF(EB;0.0300)	TPGF(EB;0.0250)
r ₅₁₃	TPGF(EB;0.0272)	TPGF(EB;0.0272)	TPGF(EB;0.0226)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 90. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPGF(EB;0.0276)	TPGF(EB;0.0276)
r ₆₁₂	TPGF(EB;0.0284)	TPGF(EB;0.0284)
r ₆₁₃	TPGF(EB;0.0280)	TPGF(EB;0.0279)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 91. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₄
r ₇₁₁	TPGF(MB;-0.0803)
r ₇₁₂	TPGF(MB;-0.0799)
r ₇₁₃	TPGF(MB;-0.0821)

Fuente: Elaboración propia.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 92.

Tabla 92. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), segunda asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₂	TPGFs(MB;-0.0418)	r ₁₇₂ al p ₁₇₁₃
r ₂₇₂	TPGFs(EB;0.0732)	r ₂₇₂ al p ₁₇₂₂
r ₃₇₂	TPGFs(EB;0.0338)	r ₃₇₁ al p ₂₇₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(MB;-0.0534)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₂
r ₅₁₂	TPGFs(MB;-0.0817)	r ₅₁₂ al p ₆₁₂₁
r ₆₁₂	TPGFs(EB;0.0569)	r ₆₁₂ al p ₆₁₂₂
r ₇₁₂	TPGFs(MB;-0.0799)	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₄

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango como puede verse en la Tabla 93.

Tabla 93. Valoraciones para normalizar la FARDL

Etiqueta	Valor de la FARDL
Valor Máximo	Máximo TPGFs(MB;-0.0418)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(EB;0.0338)
Rango (tr)	Máximo TPGFs(MB;-0.0418) - Mínimo TPGFs(EB;0.0338)

Fuente: Elaboración propia.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), segunda iteración.

En el vector *FARDLn* se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGFs_{ijl,fgjk}$ para cada ruta indica el paquete al que se asigna la ruta, ver Tabla 94.

Tabla 94. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), segunda asignación

FARDLn	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₂	TPGFs(EA;0.000)	r ₁₇₂ al p ₁₇₁₃
r ₂₇₂	TPGFs(M;-0.0672)	r ₂₇₂ al p ₁₇₂₂
r ₃₇₂	TPGFs(EB;0.000)	r ₃₇₁ al p ₂₇₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(MA;0.0394)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₂
r ₅₁₂	TPGFs(M;0.0617)	r ₅₁₂ al p ₆₁₂₁
r ₆₁₂	TPGFs(B;-0.0799)	r ₆₁₂ al p ₆₁₂₂
r ₇₁₂	TPGFs(M;0.0820)	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₄

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (FARDLno)

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDLn* para

obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDLno*, por el cual se puede observar en la Tabla 95.

Tabla 95. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (*FARDLno*), segunda asignación

<i>FARDLno</i>	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r172	TPGFs(EA;0.0000)	r172 al p1713
r411	TPGFs(MA;0.0394)	r411 al p6112
r712	TPGFs(M;0.082)	r712 al p7114
r512	TPGFs(M;0.0617)	r512 al p6121
r272	TPGFs(M;-0.0672)	r272 al p1722
r612	TPGFs(B;-0.0799)	r612 al p6122
r372	TPGFs(EB;0.0000)	r372 al p2713

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 95 es el resultado final de la segunda asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Tercera iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

En la tercera asignación de rutas a paquetes, se repite el procedimiento a partir de la TPGF, esto se observa en Tabla 96, Tabla 97, Tabla 98 y Tabla 99, donde se excluyen los paquetes despachados y las rutas que no son solicitadas por el resto de los paquetes.

Tabla 96. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p2711
r171	TPGF(MB;-0.0303)
r172	TPGF(MB;-0.0297)
r173	TPGF(MB;-0.0339)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 97. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p2712
r271	TPGF(MB;-0.0424)
r272	TPGF(MB;-0.0399)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 98. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p4112	p7121
r511	TPGF(MB;-0.0701)	TPGF(EB;0.0805)
r512	TPGF(MB;-0.0570)	TPGF(MB;-0.0753)
r513	TPGF(MB;-0.0674)	TPGF(EB;0.0828)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 99. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	P4111
r611	TPGF(MB;-0.0657)
r612	TPGF(MB;-0.0627)
r613	TPGF(MB;-0.0646)

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 100.

Tabla 100. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (*FARDL*), tercera asignación

<i>FARDL</i>	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₂	TPGFs(MB;-0.0297)	r ₁₇₂ al p ₂₇₁₁
r ₂₇₂	TPGFs(MB;-0.0399)	r ₂₇₂ al p ₂₇₁₂
r ₅₁₂	TPGFs(MB;0.0343)	r ₅₁₂ al p ₄₁₁₂
r ₆₁₂	TPGFs(MB;-0.0627)	r ₆₁₂ al p ₄₁₁₁

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango como puede verse en la Tabla 101.

Tabla 101. Valoraciones para normalizar la *FARDL*

Etiqueta	Valor de la <i>FARDL</i>
Valor Máximo	Máximo TPGFs(MB;0.0343)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(MB;-0.0627)
Rango (tr)	Máximo TPGFs(MB;0.0343) - Mínimo TPGFs(MB;-0.0627)

Fuente: Elaboración propia.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), tercera iteración.

Tabla 102. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), tercera asignación

<i>FARDLn</i>	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₂	TPGFs(B;0.0063)	r ₁₇₂ al p ₂₇₁₁
r ₂₇₂	TPGFs(MB;0.0683)	r ₂₇₂ al p ₂₇₁₂
r ₅₁₂	TPGFs(EA;0.0000)	r ₅₁₂ al p ₄₁₁₂
r ₆₁₂	TPGFs(EB;0.0000)	r ₆₁₂ al p ₄₁₁₁

Fuente: Elaboración propia

En el vector *FARDLn* se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGFs_{ijl,fgjk}$ para cada ruta indica el paquete al que se asigna la ruta, ver Tabla 102.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (FARDLno)

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDLn* para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDLno*, por el cual se puede observar en la Tabla 103.

Tabla 103. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), tercera asignación

FARDLno	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₅₁₂	TPGFs(EA;0.0000)	r ₅₁₂ al p ₄₁₁₂
r ₁₇₂	TPGFs(B;0.0063)	r ₁₇₂ al p ₂₇₁₁
r ₂₇₂	TPGFs(MB;0.0683)	r ₂₇₂ al p ₂₇₁₂
r ₆₁₂	TPGFs(EB;0.0000)	r ₆₁₂ al p ₄₁₁₁

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 103 es el resultado final de la tercera asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Cuarta iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

Para la cuarta y última asignación de este ejemplo, se calculan la TPGF y la FARDL, dado que consta de un único paquete, para la *FARDLn* y la *FARDLno* se considerará el mismo resultado que la FARDL. Ver Tabla 104.

Tabla 104. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(M;0,0632)
r ₅₁₂	TPGF(A;-0,0272)
r ₅₁₃	TPGF(M;0,0793)

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas

Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tupla como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 105.

Tabla 105. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (*FARDL*), cuarta asignación

<i>FARDL</i>	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₅₁₂	TPGFs(A;-0.0272)	r ₅₁₂ al p ₇₁₂₁

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (*FARDLn*)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1]. En este caso, queda un único paquete pendiente, por lo que la *FARDLn* es la misma que la *FARDL*, ver Tabla 106.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), cuarta iteración.

Tabla 106. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), cuarta asignación

<i>FARDL</i>	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₅₁₂	TPGFs(A;-0.0272)	r ₅₁₂ al p ₇₁₂₁

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (*FARDLno*)

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDLn* para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDLno*, por el cual se puede observar en la Tabla 107.

Tabla 107. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (*FARDLno*), cuarta asignación

<i>FARDL</i>	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₅₁₂	TPGFs(A;-0.0272)	r ₅₁₂ al p ₇₁₂₁

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 107 es el resultado final de la cuarta asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas concatenada (FARDLnc)

Una vez obtenidas las listas de asignaciones ordenadas, la concatenación de todas las rondas de asignación de rutas a paquetes, da como resultado la Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada concatenada (*FARDLnc*). Posteriormente se procede a realizar la traslación simbólica descendente.

Traslación simbólica descendente

Se brinda información a los distintos nodos que han participado en el proceso de evaluación, del estado global del sistema, de las asignaciones de rutas a paquetes, para saber cuál es el orden de asignación global de solicitudes. Esta traslación la realiza el Runtime central del nodo coordinador, a través de su modelo de decisión.

2.6. Evaluación

El modelo propuesto ha logrado que el tráfico en redes para datagrama se auto regule reiteradamente en función del estado local de los n nodos, estado de los e enlaces y cantidad de saltos establecidos en una ruta asignada, produciéndose una actualización de los estados locales de los mismos como consecuencia del despacho de sus respectivos paquetes y de las decisiones de acceso a las rutas posibles. Se ha definido la premisa para el escenario 1 en el que los paquetes reciben las rutas mediante el uso del modelo lingüístico de 2-tuplas, que permite mejorar precisión y facilitar el procesamiento de palabras al tratar el dominio lingüístico como continuo, pero manteniendo la base lingüística (sintaxis y semánticas), a través de la traslación simbólica. En el tráfico de redes en el que se asignan rutas a paquetes, el modelo de decisión encargado de la asignación de rutas observa el estado de carga de tráfico y produce decisiones de accesos a rutas

disponibles que modifican el estado del sistema y lo reajustan reiterativamente, logrando distribuir la carga de tráfico. Se garantiza además el acceso a una sola ruta a los distintos paquetes; este proceso se repite mientras haya paquetes que soliciten acceso a rutas disponibles.

2.7. Discusiones y comentarios

El modelo propuesto es un modelo general que será utilizado en los siguientes capítulos.

En base a los cálculos obtenidos se observó que la mejor ruta disponible para el esquema de datagramas, resultó ser la que poseía el mayor resultado de prioridad de asignación de rutas, habiéndose tomado como valores representativos mediante etiquetas lingüísticas y 2-tuplas para la prioridad de cada ruta, el promedio de los valores de todos sus nodos, todos sus enlaces y el número de saltos.

El uso del modelo lingüístico de 2-tuplas permite mejorar la precisión y facilitar el procesamiento de textos tratando el dominio lingüístico como continuo, pero manteniendo la base lingüística (sintáctica y semántica), a través de la traslación simbólica.

El contenido de este capítulo sirvió de base para la siguiente publicación:

- Silva, C., Agostini, F., La Red Martínez, D. (2021). Gestión del Tráfico en Redes de Datos utilizando Etiquetas Lingüísticas y 2-Tuplas. 9no. *Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información* (CONAIISI). (PUBLICADO)

Capítulo III - Operador de agregación definido para el escenario 2 (E2)

3.1. Introducción

En el presente capítulo para el escenario de datagramas se tendrá en cuenta como estado de cada ruta al estado de su nodo más cargado, enlace más cargado y saltos para indicar la mejor ruta posible al despachar los paquetes, utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas. Para ello, se comenzará con la estructura de datos correspondiente a este escenario, la descripción del operador de agregación: donde se mencionará y describirá cada una de las etapas de cálculo, se describirá las consideraciones acerca de las operaciones de agregación. Luego se realizará un ejemplo de escenario para esquema de datagramas, para finalizar la discusión de resultados y comentarios.

Trabajos previos

En (Ríos & La Red Martinez, 2019a) se desarrollan operadores de agregación para la gestión de tráfico en redes de datos.

En (J. T. Fornerón et al., 2020) se describe la gestión de recursos y procesos con un modelo de decisión basado en lógica difusa.

3.2. Hipótesis y objetivos

Considerar como estado de cada ruta, el estado de su nodo y enlace más cargado.

Se tendrá en cuenta como estado de cada ruta, el estado del nodo más cargado, el enlace más cargado y saltos para indicar la mejor ruta posible al despachar los paquetes en redes de datos. Esto será representado con etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

3.3. Propuesta de solución

Se presentará una variante de decisión de cuál ruta va a ser la mejor en base al siguiente

criterio: tomar como estado de cada ruta, el nodo más cargado, el enlace más cargado y el número de saltos.

El sistema de matrices de datos que se utilizará contemplará las mismas premisas y estructuras de datos descritas en el capítulo II (2.3. propuesta de solución).

Esto sería aplicable para esquemas de datagramas en los que la información será representada con etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

3.4. Descripción del operador de agregación

Se utiliza un operador derivado del operador de agregación definido y creado en el capítulo II (2.4), en consecuencia, se tiene en cuenta las etapas de la Fig. 2 pero con variaciones en los cálculos para considerar el propósito de este capítulo, y se demuestra a continuación mediante un ejemplo de asignación.

3.5. Ejemplo de asignación de rutas a paquetes

En esta sección se explica detalladamente un ejemplo de aplicación del operador de agregación propuesto en el esquema de datagramas presentado en el capítulo II (ver Fig. 3). Así mismo, las rutas posibles en este ejemplo, los enlaces disponibles de las rutas posibles, las solicitudes de rutas posibles, el cálculo de la carga computacional actual de los nodos, enlaces, saltos; el establecimiento de las categorías de carga computacional y de los vectores de pesos asociados a las mismas, etc., son las mismas definidas en el capítulo II (2.5).

Traslación simbólica ascendente

Se tienen en cuenta los mismos términos descritos en el capítulo II (2.5.1), asimismo, también se utiliza el conjunto de etiquetas lingüísticas de la Tabla 38 para todos los nodos, enlaces,

saltos.

Tupla de valoración de criterios (T)

Para todos los nodos y enlaces, se contemplan los mismos criterios de carga computacional, vectores de pesos asociados a la carga computacional, criterios de preferencias y saltos del capítulo II, del mismo modo, se obtienen las prioridades nodales, prioridades de enlaces y saltos. Esto sirve para determinar, cuál es el nodo y enlace más cargado en cada ruta.

Tupla de Prioridad Nodal, Enlaces y Saltos (TPNES)

Una vez obtenidos los valores parciales de los nodos, enlaces y saltos correspondiente a la ruta de un paquete, se tienen en cuenta para el cálculo, el nodo más cargado, enlace más cargado (el que posea menor factor de disponibilidad) y cantidad de saltos de esa ruta. Los valores de los mismos se suman y se dividen por el número de componentes intervinientes en esa posible ruta (valor final del nodo más cargado, valor final del enlace con menor factor de disponibilidad y número de saltos). De esta manera se calcula las prioridades globales para todas las rutas, ver Tabla 108, Tabla 109, Tabla 110, Tabla 111, Tabla 112, Tabla 113, Tabla 114 y Tabla 115.

Tabla 108. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₂	p ₁₇₁₃
r ₁₇₁	TPNES(B;0.0389)	TPNES(B;0.0389)	TPNES(B;0.0389)
r ₁₇₂	TPNES(B;0.0400)	TPNES(B;0.0400)	TPNES(B;0.0400)
r ₁₇₃	TPNES(M;0.0538)	TPNES(M;0.0538)	TPNES(M;0.0538)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 109. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₁₁	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPNES(B;0.0539)	TPNES(B;0.0539)	TPNES(B;0.0539)
r ₂₇₂	TPNES(B;0.0567)	TPNES(B;0.0567)	TPNES(B;0.0567)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 110. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃	p ₁₇₂₁
r ₃₇₁	TPNES(B;0.0539)	TPNES(B;0.0539)
r ₃₇₂	TPNES(B;0.0833)	TPNES(B;0.0833)
r ₃₇₃	TPNES(B;0.0567)	TPNES(B;0.0567)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 111. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₃
r ₃₁₁	TPNES(MA;-0.0083)
r ₃₁₂	TPNES(M;0.0733)
r ₃₁₃	TPNES(M;0.0833)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 112.** Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₁	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPNES(A;-0.0064)	TPNES(A;-0.0064)
r ₄₁₂	TPNES(M;0.0833)	TPNES(M;0.0833)
r ₄₁₃	TPNES(A;-0.0084)	TPNES(A;-0.0084)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 113.** Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₂	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPNES(M;-0.0600)	TPNES(M;-0.0600)	TPNES(M;-0.0600)	TPNES(M;-0.0600)
r ₅₁₂	TPNES(M;0.0500)	TPNES(M;0.0500)	TPNES(M;0.0500)	TPNES(M;0.0500)
r ₅₁₃	TPNES(A;-0.0084)	TPNES(A;-0.0084)	TPNES(A;-0.0084)	TPNES(A;-0.0084)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 114.** Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₁	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPNES(M;0.0633)	TPNES(M;0.0633)	TPNES(M;0.0633)
r ₆₁₂	TPNES(M;-0.0217)	TPNES(M;-0.0217)	TPNES(M;-0.0217)
r ₆₁₃	TPNES(A;-0.0567)	TPNES(A;-0.0567)	TPNES(A;-0.0567)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 115.** Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₃	p ₇₁₁₄
r ₇₁₁	TPNES(B;0.0400)	TPNES(B;0.0400)
r ₇₁₂	TPNES(B;0.0483)	TPNES(B;0.0483)
r ₇₁₃	TPNES(M;0.075)	TPNES(M;0.075)

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso corresponde a la primera ronda de asignación de paquetes a rutas, en las que se desarrollaran los pasos del 4 al 7 de la Fig. 2. A medida que los paquetes se van despachando, las rutas se liberan y quedan disponibles para otros paquetes, al finalizar todas las rondas, se obtendrá el listado final ordenado y concatenado con todas las rondas de asignación, que corresponde a la FARDLnc, del segundo escenario.

Primera iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

En este paso se debe realizar el cálculo de las prioridades o preferencias de los paquetes para acceder a las rutas disponibles, se determina el orden en que se asignan las rutas y a qué paquete es asignado cada posible ruta, representando los valores mediante etiquetas lingüísticas y

2-tuplas. A partir de estas prioridades nodales, de enlaces y saltos se calculan las prioridades globales o finales, es decir, con qué prioridad, o sea en qué orden, las posibles rutas establecidas son otorgadas y a qué paquetes se hacen dicho otorgamiento. Los requerimientos que no puedan ser atendidos por resultar con bajas prioridades, serán nuevamente considerados en la siguiente iteración del método. Seguidamente corresponde calcular los vectores de pesos finales que se utilizan en el proceso final de agregación para determinar el orden o prioridad de acceso a las rutas.

Se debe tener en cuenta los pesos finales TPF_n de la Tabla 65, Tabla 66, Tabla 67, Tabla 68, Tabla 69, Tabla 70, Tabla 71 y Tabla 72 del capítulo II, para multiplicar escalarmente por la TPNES (recientemente calculadas en la Tabla 108, Tabla 109, Tabla 110, Tabla 111, Tabla 112, Tabla 113, Tabla 114 y Tabla 115), tomadas fila por fila, y se obtiene la TPGF (Tupla de Prioridad Global Final) de acceso de cada paquete a cada ruta. Esto se indica a continuación en la Tabla 116, Tabla 117, Tabla 118, Tabla 119, Tabla 120, Tabla 121, Tabla 122 y Tabla 123.

Tabla 116. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₂	p ₁₇₁₃
r ₁₇₁	TPGF(EB;0.0119)	TPGF(EB;0.0277)	TPGF(EB;0.0277)
r ₁₇₂	TPGF(EB;0.0119)	TPGF(EB;0.0278)	TPGF(EB;0.0278)
r ₁₇₃	TPGF(EB;0.0177)	TPGF(EB;0.0412)	TPGF(EB;0.0412)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 117. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₁₁	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPGF(EB;0.0124)	TPGF(EB;0.0288)	TPGF(EB;0.0137)
r ₂₇₂	TPGF(EB;0.0124)	TPGF(EB;0.0290)	TPGF(EB;0.0138)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 118. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃	p ₁₇₂₁
r ₃₇₁	TPGF(EB;0.0124)	TPGF(EB;0.0137)
r ₃₇₂	TPGF(EB;0.0133)	TPGF(EB;0.0148)
r ₃₇₃	TPGF(EB;0.0124)	TPGF(EB;0.0138)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 119. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₃
r ₃₁₁	TPGF(EB;0.0614)
r ₃₁₂	TPGF(EB;0.0427)
r ₃₁₃	TPGF(EB;0.0434)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 120. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₁	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPGF(EB;0.0492)	TPGF(EB;0.0492)
r ₄₁₂	TPGF(EB;0.0434)	TPGF(EB;0.0434)
r ₄₁₃	TPGF(EB;0.0490)	TPGF(EB;0.0490)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 121. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₂	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(EB;0.0312)	TPGF(EB;0.0094)	TPGF(EB;0.0094)	TPGF(EB;0.0078)
r ₅₁₂	TPGF(EB;0.0390)	TPGF(EB;0.0117)	TPGF(EB;0.0117)	TPGF(EB;0.0098)
r ₅₁₃	TPGF(EB;0.0467)	TPGF(EB;0.0140)	TPGF(EB;0.0140)	TPGF(EB;0.0117)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 122. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₁	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPGF(EB;0.0400)	TPGF(EB;0.0120)	TPGF(EB;0.0120)
r ₆₁₂	TPGF(EB;0.0339)	TPGF(EB;0.0102)	TPGF(EB;0.0102)
r ₆₁₃	TPGF(EB;0.0433)	TPGF(EB;0.0130)	TPGF(EB;0.0130)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 123. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₃	p ₇₁₁₄
r ₇₁₁	TPGF(EB;0.0265)	TPGF(EB;0.0265)
r ₇₁₂	TPGF(EB;0.0271)	TPGF(EB;0.0271)
r ₇₁₃	TPGF(EB;0.0408)	TPGF(EB;0.0408)

Fuente: Elaboración propia.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye la Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la FARDL se observa en la Tabla 124.

Tabla 124. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₃	TPGFs(MB;-0.0665)	r ₁₇₃ al p ₁₇₁₂
r ₂₇₂	TPGFs(EB;0.0553)	r ₂₇₂ al p ₁₇₁₁
r ₃₇₂	TPGFs(EB;0.0281)	r ₃₇₂ al p ₁₇₂₁
r ₃₁₁	TPGFs(EB;0.0614)	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(MB;-0.0683)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₁
r ₅₁₃	TPGFs(MB;-0.0803)	r ₅₁₃ al p ₇₁₁₂
r ₆₁₃	TPGFs(EB;0.0692)	r ₆₁₃ al p ₇₁₁₁
r ₇₁₃	TPGFs(EB;0.0816)	r ₇₁₃ al p ₇₁₁₃

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn)

Calculando la FARDL para todas las rutas se obtiene un vector, el cual se normaliza para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentren en el intervalo [0,1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango como puede verse en la Tabla 125.

Tabla 125. Valoraciones para normalizar la FARDL

Etiqueta	Valor de la FARDL
Valor Máximo	Máximo TPGFs(MB;-0.0665)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(EB;0.0281)
Rango	Máximo TPGFs(MB;-0.0665) - Mínimo TPGFs(EB;0.0281)

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se constituye la Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), y se muestra en la Tabla 126.

Tabla 126. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada

FARDLn	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r173	TPGFs(EA;0.0000)	r173 al p1712
r272	TPGFs(B;0.0447)	r272 al p1711
r372	TPGFs(EB;0.0000)	r372 al p1721
r311	TPGFs(M;-0.0370)	r311 al p6113
r411	TPGFs(EA;-0.0251)	r411 al p6111
r513	TPGFs(MA;-0.0243)	r513 al p7112
r613	TPGFs(M;0.0710)	r613 al p7111
r713	TPGFs(A;0.0755)	r713 al p7113

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno)

En el siguiente paso se ordenan de mayor a menor las prioridades del vector FARDLn para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la FARDLno, que se observa en la Tabla 127.

Tabla 127. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada

FARDLno	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r173	TPGFs(EA;0.0000)	r173 al p1712
r411	TPGFs(EA;-0.0251)	r411 al p6111
r513	TPGFs(MA;-0.0243)	r513 al p7112
r713	TPGFs(A;0.0755)	r713 al p7113
r613	TPGFs(M;0.0710)	r613 al p7111
r311	TPGFs(M;-0.0370)	r311 al p6113
r272	TPGFs(B;0.0447)	r272 al p1711
r372	TPGFs(EB;0.0000)	r372 al p1721

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se obtiene el resultado de la primera asignación de rutas a los paquetes con mayores prioridades.

Segunda iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

En la segunda asignación de rutas a paquetes, se repite el procedimiento a partir de la TPGF, esto se observa en la Tabla 128, Tabla 129, Tabla 130, Tabla 131, Tabla 132, Tabla 133 y Tabla 134; donde se excluyen los paquetes despachados y las rutas que no son solicitadas por el resto de los paquetes.

Tabla 128. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₃
r ₁₇₁	TPGF(EB;0.0262)	TPGF(EB;0.0611)
r ₁₇₂	TPGF(EB;0.0263)	TPGF(EB;0.0612)
r ₁₇₃	TPGF(EB;0.0389)	TPGF(MB;-0.0758)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 129. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPGF(EB;0.0272)	TPGF(EB;0.0303)
r ₂₇₂	TPGF(EB;0.0274)	TPGF(EB;0.0305)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 130. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃
r ₃₇₁	TPGF(EB;0.0272)
r ₃₇₂	TPGF(EB;0.0293)
r ₃₇₃	TPGF(EB;0.0274)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 131. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPGF(MB;-0.0583)
r ₄₁₂	TPGF(MB;-0.0710)
r ₄₁₃	TPGF(MB;-0.0587)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 132. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(EB;0.0206)	TPGF(EB;0.0206)	TPGF(EB;0.0172)
r ₅₁₂	TPGF(EB;0.0258)	TPGF(EB;0.0258)	TPGF(EB;0.0215)
r ₅₁₃	TPGF(EB;0.0309)	TPGF(EB;0.0309)	TPGF(EB;0.0257)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 133. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPGF(EB;0.0264)	TPGF(EB;0.0264)
r ₆₁₂	TPGF(EB;0.0224)	TPGF(EB;0.0224)
r ₆₁₃	TPGF(EB;0.0286)	TPGF(EB;0.0286)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 134. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p7114
r711	TPGF(EB;0.0583)
r712	TPGF(EB;0.0596)
r713	TPGF(MB;-0.077)

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 135.

Tabla 135. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (*FARDL*), segunda asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r173	TPGFs(MB;-0.0369)	r173 al p1713
r272	TPGFs(EB;0.0579)	r272 al p1722
r372	TPGFs(EB;0.0293)	r372 al p2713
r411	TPGFs(MB;-0.0583)	r411 al p6112
r513	TPGFs(MB;-0.0792)	r513 al p6121
r613	TPGFs(EB;0.0572)	r613 al p6122
r713	TPGFs(MB;-0.0768)	r713 al p7114

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango como puede verse en la Tabla 136.

Tabla 136. Valoraciones para normalizar la *FARDL*

Etiqueta	Valor de la FARDL
Valor Máximo	Máximo TPGFs(MB;-0.0369)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(EB;0.0293)
Rango (tr)	Máximo TPGFs(MB;-0.0369) - Mínimo TPGFs(EB;0.0293)

Fuente: Elaboración propia.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), segunda iteración.

En el vector $FARDL_n$ se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGF_{sijl,fijk}$ para cada ruta indica el paquete al que se asigna la ruta, ver Tabla 137.

Tabla 137. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ($FARDL_n$), segunda asignación

$FARDL_n$	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r173	$TPGFs(EA;0.0000)$	r173 al p1713
r272	$TPGFs(B;-0.0488)$	r272 al p1722
r372	$TPGFs(EB;0.0000)$	r372 al p2713
r411	$TPGFs(MA;-0.0469)$	r411 al p6112
r513	$TPGFs(M;0.0784)$	r513 al p6121
r613	$TPGFs(B;-0.0556)$	r613 al p6122
r713	$TPGFs(A;-0.0642)$	r713 al p7114

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas ($FARDL_{no}$)

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector $FARDL_n$ para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la $FARDL_{no}$, por el cual se puede observar en la Tabla 138.

Tabla 138. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada ($FARDL_{no}$), segunda asignación

$FARDL_{no}$	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r173	$TPGFs(EA;0.0000)$	r173 al p1713
r411	$TPGFs(MA;-0.0469)$	r411 al p6112
r713	$TPGFs(A;-0.0642)$	r713 al p7114
r513	$TPGFs(M;0.0784)$	r513 al p6121
r272	$TPGFs(B;-0.0488)$	r272 al p1722
r613	$TPGFs(B;-0.0556)$	r613 al p6122
r372	$TPGFs(EB;0.0000)$	r372 al p2713

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 138 es el resultado final de la segunda asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Tercera iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

En la tercera asignación de rutas a paquetes, se repite el procedimiento a partir de la TPGF, esto se observa en Tabla 139, Tabla 140, Tabla 141 y Tabla 142, donde se excluyen los paquetes despachados y las rutas que no son solicitadas por el resto de los paquetes.

Tabla 139. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁
r ₁₇₁	TPGF(MB;-0.0709)
r ₁₇₂	TPGF(MB;-0.0707)
r ₁₇₃	TPGF(MB;-0.0243)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 140. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂
r ₂₇₁	TPGF(MB;-0.0671)
r ₂₇₂	TPGF(MB;-0.0664)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 141. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(EB;0.07543)	TPGF(EB;0.0629)
r ₅₁₂	TPGF(MB;-0.0724)	TPGF(EB;0.0786)
r ₅₁₃	TPGF(MB;-0.0538)	TPGF(MB;-0.0726)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 142. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	P ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPGF(MB;-0.0701)
r ₆₁₂	TPGF(EB;0.08199)
r ₆₁₃	TPGF(MB;-0.0621)

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 143.

Tabla 143. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (*FARDL*), tercera asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₃	TPGFs(MB;-0.0243)	r ₁₇₃ al p ₂₇₁₁
r ₂₇₂	TPGFs(MB;-0.0664)	r ₂₇₂ al p ₂₇₁₂
r ₅₁₃	TPGFs(MB;0.0402)	r ₅₁₃ al p ₄₁₁₂
r ₆₁₃	TPGFs(MB;-0.0621)	r ₆₁₃ al p ₄₁₁₁

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango como puede verse en la Tabla 144.

Tabla 144. Valoraciones para normalizar la FARDL

Etiqueta	Valor de la FARDL
Valor Máximo	Máximo $TPGFs(MB;0.0402)$
Valor mínimo	Mínimo $TPGFs(MB;-0.0664)$
Rango (tr)	Máximo $TPGFs(MB;0.0402)$ - Mínimo $TPGFs(MB;-0.0664)$

Fuente: Elaboración propia.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ($FARDL_n$), tercera iteración.

En el vector $FARDL_n$ se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGFs_{ijl,fgjk}$ para cada ruta indica el paquete al que se asigna la ruta, ver Tabla 145.

Tabla 145. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ($FARDL_n$), tercera asignación

$FARDL_n$	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r173	$TPGFs(B;0.0618)$	r173 al p2711
r272	$TPGFs(EB;0.0000)$	r272 al p2712
r513	$TPGFs(EA;0.0000)$	r513 al p4112
r613	$TPGFs(EB;0.0402)$	r613 al p4111

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas ($FARDL_{no}$)

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector $FARDL_n$ para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la $FARDL_{no}$, por el cual se puede observar en la Tabla 146.

Tabla 146. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada ($FARDL_{no}$), tercera asignación

$FARDL_{no}$	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r513	$TPGFs(EA;0.0000)$	r513 al p4112
r173	$TPGFs(B;0.0618)$	r173 al p2711
r613	$TPGFs(EB;0.0402)$	r613 al p4111
r272	$TPGFs(EB;0.0000)$	r272 al p2712

Fuente: Elaboración propia

Cuarta iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

Para la cuarta y última asignación de este ejemplo, se calculan la TPGF y la FARDL, dado que consta de un único paquete, para la $FARDL_n$ y la $FARDL_{no}$ se considerará el mismo resultado que la FARDL. Ver Tabla 147.

Tabla 147. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p7121
r511	TPGF(M;-0.0600)
r512	TPGF(M;0.0500)
r513	TPGF(A;-0.0084)

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 148.

Tabla 148. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (*FARDL*), cuarta asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r513	TPGFs(A;-0.0084)	r513 al p7121

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1]. En este caso, queda un único paquete pendiente, por lo que la *FARDLn* es la misma que la *FARDL*, ver Tabla 149.

Tabla 149. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), cuarta asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r513	TPGFs(A;-0.0084)	r513 al p7121

Fuente: Elaboración propia

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), cuarta iteración.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (FARDLno)

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDLn* para

obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDLno*, por el cual se puede observar en la Tabla 150.

Tabla 150. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (*FARDLno*), cuarta asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₅₁₃	TPGFs(A;-0.0084)	r ₅₁₃ al p ₇₁₂₁

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 150 es el resultado final de la cuarta asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas concatenada (FARDLnc)

Obtenidas todas las listas de asignaciones ordenadas, se procede a la concatenación a los efectos de realizar la traslación simbólica descendente.

Traslación simbólica descendente

Se brinda información a los distintos nodos que han participado en el proceso de evaluación, del estado global del sistema, de las asignaciones de rutas a paquetes, para saber cuál es el orden de asignación global de solicitudes. Esta traslación la realiza el Runtime central del nodo coordinador, a través de su modelo de decisión.

3.6. Evaluación

El modelo propuesto logró que el tráfico en redes para datagrama se auto regule reiteradamente en función del estado local de los nodos, enlaces y cantidad de saltos establecidos en una ruta asignada, produciéndose una actualización de los estados locales de los mismos como consecuencia del despacho de sus respectivos paquetes y de las decisiones de acceso a las rutas posibles. Se ha definido la premisa para el escenario 2, en el que los paquetes reciben las rutas mediante el uso del modelo lingüístico de 2-tuplas. En el tráfico de redes en el que se asignan rutas

a paquetes, el modelo de decisión encargado de la asignación de rutas observa el estado de carga de tráfico y produce decisiones de accesos a rutas disponibles que modifican el estado del sistema y lo reajustan reiterativamente, logrando distribuir la carga de tráfico. Se garantiza además el acceso a una sola ruta a los distintos paquetes; este proceso se repite mientras haya paquetes que soliciten acceso a rutas disponibles.

3.7. Discusiones y comentarios

La facilidad de implementación en el entorno de un administrador centralizado de despacho de paquetes, es una característica destacable de la propuesta. En base a los cálculos obtenidos se observó que la mejor ruta disponible para el esquema de datagramas, resultó ser la que poseía el mayor resultado de prioridad de asignación de rutas, habiéndose tomado como valores representativos mediante etiquetas lingüísticas y 2-tuplas para la prioridad de cada ruta, su nodo y enlace más cargado, así también el número de saltos.

El uso del modelo lingüístico de 2-tuplas permitió mejorar la precisión y facilitó el procesamiento de textos tratando el dominio lingüístico como continuo, pero manteniendo la base lingüística (sintáctica y semántica), a través de la traslación simbólica.

Capítulo IV – Operador de agregación definido para el escenario 3 (E3)

4.1. Introducción

En el presente capítulo para el escenario de datagramas, se tendrá en cuenta como estado de cada ruta, el 50% de los nodos y enlaces más cargados, y el número de saltos, para indicar la mejor ruta posible al despachar los paquetes, utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas. Para ello se construirá la estructura de datos correspondiente al escenario, la descripción del operador de agregación, donde se mencionará y describirá cada una de las etapas de cálculo, se describirá las consideraciones acerca de las operaciones de agregación. Luego se realizará un ejemplo para finalizar con la discusión de resultados y comentarios.

4.2. Hipótesis y Objetivos

Considerar como estado de cada ruta, el promedio de los estados de un cierto porcentaje de sus nodos y enlaces más cargados, y los saltos.

Se tendrá en cuenta como estado de cada ruta, a un cierto promedio (al menos el 50%) del estado de sus nodos más cargados, enlaces más cargados y saltos para indicar la mejor ruta posible al despachar los paquetes.

4.3. Propuesta de solución

Se presentará una variante de decisión, que consiste en determinar cuál ruta va a ser la mejor en base al siguiente criterio: tomar como estado de cada ruta, un cierto promedio (al menos el 50%) del estado de sus nodos más cargados, (al menos 50%) enlaces más cargados y saltos.

El sistema de matrices de datos que se utilizará contemplará las mismas premisas y estructuras de datos descritas en el capítulo II (2.3. propuesta de solución).

Esto sería aplicable para esquemas de datagramas en los que la información será representada con etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

4.4. Descripción del operador de agregación

Se utiliza un operador derivado del operador de agregación definido y creado en el capítulo II (2.4), en consecuencia, se consideran las etapas de la Fig. 2, pero con variaciones en los cálculos para la consideración del propósito de este capítulo, y se demuestra a continuación mediante un ejemplo de asignación.

4.5. Ejemplo de asignación de rutas a paquetes

En esta sección se explica detalladamente un ejemplo de aplicación del operador de agregación propuesto en el esquema de datagramas presentado en el capítulo II (ver Fig. 3). Así mismo, las rutas posibles en este ejemplo, los enlaces disponibles de las rutas posibles, las solicitudes de rutas posibles, el cálculo de la carga computacional actual de los nodos, el establecimiento de las categorías de carga computacional y de los vectores de pesos asociados a las mismas, etc., son las mismas definidas en el capítulo II (2.5).

Traslación simbólica ascendente

Se consideran los mismos términos descritos en el capítulo II (2.5.1), asimismo, también se utiliza el conjunto de etiquetas lingüísticas de la Tabla 38 para todos los nodos, enlaces, saltos.

Tupla de valoración de criterios (T)

Para todos los nodos y enlaces, se contemplan los mismos criterios de carga computacional, vectores de pesos asociados a la carga computacional, criterios de preferencias y saltos del capítulo II, del mismo modo, se obtienen las prioridades nodales, prioridades de enlaces y valores de los

saltos. Esto sirve para determinar al menos el 50% de los nodos y enlaces más cargados en cada ruta.

Tupla de Prioridad Nodal, Enlaces y Saltos (TPNES)

Una vez obtenidas las prioridades nodales, de enlaces y saltos correspondientes a la ruta de un paquete, se considera para el cálculo, los valores finales del 50% de los nodos y enlaces más cargados (en caso de los enlaces, los que posean menor factor de disponibilidad), y los números de saltos de cada ruta. Para elementos impares, se considera el primer valor superior al 50%, es decir, si en una ruta hay 5 nodos, se evalúan 3. Para cada ruta, los valores mencionados se suman y se dividen por el número de componentes intervinientes en esa posible ruta. De esta manera se calculan las prioridades globales para todas las rutas, ver Tabla 151, Tabla 152, Tabla 153, Tabla 154, Tabla 155, Tabla 156, Tabla 157 y Tabla 158.

Tabla 151. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₂	p ₁₇₁₃
r ₁₇₁	TPNES(M;-0.0684)	TPNES(M;-0.0684)	TPNES(M;-0.0684)
r ₁₇₂	TPNES(B;0.0528)	TPNES(B;0.0528)	TPNES(B;0.0528)
r ₁₇₃	TPN(M;-0.0024)	TPNES(M;-0.0024)	TPNES(M;-0.0024)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 152. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₁₁	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPNES(M;-0.0747)	TPNES(M;-0.0747)	TPNES(M;-0.0747)
r ₂₇₂	TPNES(M;0.0043)	TPNES(M;0.0043)	TPNES(M;0.0043)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 153. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃	p ₁₇₂₁
r ₃₇₁	TPNES(M;-0.0117)	TPNES(M;-0.0117)
r ₃₇₂	TPNES(M;0.0203)	TPNES(M;0.0203)
r ₃₇₃	TPNES(M;-0.0807)	TPNES(M;-0.0807)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 154. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₃
r ₃₁₁	TPNES(MA;-0.0083)
r ₃₁₂	TPNES(M;0.0733)
r ₃₁₃	TPNES(A;-0.0261)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 155. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₁	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPNES(A;-0.0064)	TPNES(A;-0.0064)
r ₄₁₂	TPNES(A;-0.0783)	TPNES(A;-0.0783)
r ₄₁₃	TPNES(A;-0.0084)	TPNES(A;-0.0084)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 156.** Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₂	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPNES(M;0.0023)	TPNES(M;0.0023)	TPNES(M;0.0023)	TPNES(M;0.0023)
r ₅₁₂	TPNES(A;-0.0431)	TPNES(A;-0.0431)	TPNES(A;-0.0431)	TPNES(A;-0.0431)
r ₅₁₃	TPNES(A;-0.0083)	TPNES(A;-0.0083)	TPNES(A;-0.0083)	TPNES(A;-0.0083)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 157.** Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₁	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPNES(M;0.0360)	TPNES(M;0.0360)	TPNES(M;0.0360)
r ₆₁₂	TPNES(M;0.0775)	TPNES(M;0.0775)	TPNES(M;0.0775)
r ₆₁₃	TPNES(A;-0.0177)	TPNES(A;-0.0177)	TPNES(A;-0.0177)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 158.** Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₃	p ₇₁₁₄
r ₇₁₁	TPNES(M;-0.0005)	TPNES(M;-0.0005)
r ₇₁₂	TPNES(M;-0.0557)	TPNES(M;-0.0557)
r ₇₁₃	TPNES(M;0.0113)	TPNES(M;0.0113)

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso corresponde a la primera ronda de asignación de paquetes a rutas, en las que se desarrollaran los pasos del 4 al 7 de la Fig. 2. A medida que los paquetes se van despachando, las rutas se liberan y quedan disponibles para otros paquetes, al finalizar todas las rondas, se obtendrá el listado final ordenado y concatenado con todas las rondas de asignación, que corresponde a la FARDLnc.

Primera iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

En este paso se realiza el cálculo de las prioridades o preferencias de los paquetes para acceder a las rutas disponibles, se determina el orden en que se asignan las rutas y a qué paquete es asignada cada posible ruta, representando los valores mediante etiquetas lingüísticas y 2-tuplas. A partir de estas prioridades nodales, de enlaces y saltos se calculan las prioridades globales o finales, es decir, con qué prioridad, o sea en qué orden, las posibles rutas establecidas son otorgadas

y a qué paquetes se hacen dicho otorgamiento. Los requerimientos que no puedan ser atendidos por resultar con bajas prioridades, son nuevamente considerados en la siguiente iteración del método. Seguidamente corresponde calcular los vectores de pesos finales que se utilizan en el proceso final de agregación para determinar el orden o prioridad de acceso a las rutas.

Se debe tener en cuenta los pesos finales TPF_n de la Tabla 65, Tabla 66, Tabla 67, Tabla 68, Tabla 69, Tabla 70, Tabla 71 y Tabla 72 del capítulo II, para multiplicar escalarmente por la TPNES (recientemente calculadas en la Tabla 151, Tabla 152, Tabla 153, Tabla 154, Tabla 155, Tabla 156, Tabla 157 y Tabla 158), tomadas fila por fila, y se obtiene la TPGF (Tupla de Prioridad Global Final) de acceso de cada paquete a cada ruta. Esto se indica a continuación en la Tabla 159, Tabla 160, Tabla 161, Tabla 162, Tabla 163, Tabla 164, Tabla 165 y Tabla 166.

Tabla 159. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₂	p ₁₇₁₃
r ₁₇₁	TPGF(EB;0.0138)	TPGF(EB;0.0321)	TPGF(EB;0.0321)
r ₁₇₂	TPGF(EB;0.0123)	TPGF(EB;0.0288)	TPGF(EB;0.0288)
r ₁₇₃	TPGF(EB;0.0159)	TPGF(EB;0.0371)	TPGF(EB;0.0371)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 160. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₁₁	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPGF(EB;0.0136)	TPGF(EB;0.0317)	TPGF(EB;0.0151)
r ₂₇₂	TPGF(EB;0.0161)	TPGF(EB;0.0376)	TPGF(EB;0.0179)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 161. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃	p ₁₇₂₁
r ₃₇₁	TPGF(EB;0.0156)	TPGF(EB;0.0173)
r ₃₇₂	TPGF(EB;0.0166)	TPGF(EB;0.0185)
r ₃₇₃	TPGF(EB;0.0134)	TPGF(EB;0.0149)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 162. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₃
r ₃₁₁	TPGF(EB;0.0614)
r ₃₁₂	TPGF(EB;0.0427)
r ₃₁₃	TPGF(EB;0.0477)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 163. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₁	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPGF(EB;0.0492)	TPGF(EB;0.0492)
r ₄₁₂	TPGF(EB;0.0438)	TPGF(EB;0.0438)
r ₄₁₃	TPGF(EB;0.0490)	TPGF(EB;0.0490)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 164. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p7112	p6121	p4112	p7121
r511	TPGF(EB;0.0356)	TPGF(EB;0.0107)	TPGF(EB;0.0107)	TPGF(EB;0.0089)
r512	TPGF(EB;0.0442)	TPGF(EB;0.0133)	TPGF(EB;0.0133)	TPGF(EB;0.0111)
r513	TPGF(EB;0.0467)	TPGF(EB;0.0140)	TPGF(EB;0.0140)	TPGF(EB;0.0117)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 165. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p7111	p6122	p4111
r611	TPGF(EB;0.0380)	TPGF(EB;0.0114)	TPGF(EB;0.0114)
r612	TPGF(EB;0.0410)	TPGF(EB;0.0123)	TPGF(EB;0.0123)
r613	TPGF(EB;0.0460)	TPGF(EB;0.0138)	TPGF(EB;0.0138)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 166. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p7113	p7114
r711	TPGF(EB;0.0354)	TPGF(EB;0.0354)
r712	TPGF(EB;0.0315)	TPGF(EB;0.0315)
r713	TPGF(EB;0.0363)	TPGF(EB;0.0363)

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también van a ser evaluadas. Esto constituye la Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la FARDL se observa en la Tabla 167.

Tabla 167. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r173	TPGFs(MB;-0.0767)	r173 al p1712
r272	TPGFs(EB;0.0715)	r272 al p1711
r372	TPGFs(EB;0.0351)	r372 al p1721
r311	TPGFs(EB;0.0614)	r311 al p6113
r411	TPGFs(MB;-0.0683)	r411 al p6111
r513	TPGFs(MB;-0.0803)	r513 al p7112
r613	TPGFs(EB;0.0737)	r613 al p7111
r713	TPGFs(EB;0.0725)	r713 al p7113

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn)

Calculando la FARDL para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentren en el intervalo [0,1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango, para obtener la normalización de la FARDL, como puede verse en la Tabla 168.

Tabla 168. Valoraciones para normalizar la FARDL

Etiqueta	Valor de la FARDL
Valor Máximo	Máximo TPGFs(MB;-0.0683)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(EB;0.0351)
Rango (Tr)	Máximo TPGFs(MB;-0.0683) - Mínimo TPGFs(EB;0.0351)

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se constituye la Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), y se muestra en la Tabla 169.

Tabla 169. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada

FARDLn	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₃	TPGFs(MA;0.0349)	r ₁₇₃ al p ₁₇₁₂
r ₂₇₂	TPGFs(M;0.0764)	r ₂₇₂ al p ₁₇₁₁
r ₃₇₂	TPGFs(EB;0.0000)	r ₃₇₂ al p ₁₇₂₁
r ₃₁₁	TPGFs(M;-0.0830)	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(EA;0.0000)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₁
r ₅₁₃	TPGFs(MA;-0.0223)	r ₅₁₃ al p ₇₁₁₂
r ₆₁₃	TPGFs(A;-0.0568)	r ₆₁₃ al p ₇₁₁₁
r ₇₁₃	TPGFs(A;-0.0746)	r ₇₁₃ al p ₇₁₁₃

Fuente: Elaboración propia

En el vector *FARDLn* se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGFs_{ijl,fgjk}$ para cada ruta indica el paquete al que se asigna la ruta, ver Tabla 169.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno)

El siguiente paso es ordenar de mayor a menor las prioridades del vector *FARDLn* para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDLno*, por el cual se observa en la Tabla 170.

Tabla 170. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada

FARDLno	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₄₁₁	TPGFs(EA;0.0000)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₁
r ₁₇₃	TPGFs(MA;0.0349)	r ₁₇₃ al p ₁₇₁₂
r ₅₁₃	TPGFs(MA;-0.0223)	r ₅₁₃ al p ₇₁₁₂
r ₆₁₃	TPGFs(A;-0.0568)	r ₆₁₃ al p ₇₁₁₁
r ₇₁₃	TPGFs(A;-0.0746)	r ₇₁₃ al p ₇₁₁₃
r ₂₇₂	TPGFs(M;0.0764)	r ₂₇₂ al p ₁₇₁₁
r ₃₁₁	TPGFs(M;-0.0830)	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃
r ₃₇₂	TPGFs(EB;0.0000)	r ₃₇₂ al p ₁₇₂₁

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se obtiene el resultado de la primera asignación de rutas a los paquetes con mayores prioridades.

Segunda iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

La segunda asignación de rutas a paquetes, se observan en la Tabla 171, Tabla 172, Tabla 173, Tabla 174, Tabla 175, Tabla 176 y Tabla 177, se repite el procedimiento desde la TPGF, y se excluyen los paquetes despachados y las rutas que no son requeridas por el resto de los paquetes.

Tabla 171. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₃
r ₁₇₁	TPGF(EB;0.0304)	TPGF(EB;0.0708)
r ₁₇₂	TPGF(EB;0.0272)	TPGF(EB;0.0634)
r ₁₇₃	TPGF(EB;0.0350)	TPGF(EB;0.0816)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 172. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPGF(EB;0.0300)	TPGF(EB;0.0332)
r ₂₇₂	TPGF(EB;0.0355)	TPGF(EB;0.0394)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 173. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃
r ₃₇₁	TPGF(EB;0.0343)
r ₃₇₂	TPGF(EB;0.0366)
r ₃₇₃	TPGF(EB;0.0295)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 174. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPGF(MB;-0.0580)
r ₄₁₂	TPGF(MB;-0.0700)
r ₄₁₃	TPGF(MB;-0.0590)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 175. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(EB;0.0236)	TPGF(EB;0.0236)	TPGF(EB;0.0196)
r ₅₁₂	TPGF(EB;0.0292)	TPGF(EB;0.0292)	TPGF(EB;0.0244)
r ₅₁₃	TPGF(EB;0.0309)	TPGF(EB;0.0309)	TPGF(EB;0.0257)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 176. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPGF(EB;0.0251)	TPGF(EB;0.0251)
r ₆₁₂	TPGF(EB;0.0271)	TPGF(EB;0.0271)
r ₆₁₃	TPGF(EB;0.0304)	TPGF(EB;0.0304)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 177. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₄
r ₇₁₁	TPGF(EB;0.0780)
r ₇₁₂	TPGF(EB;0.0694)
r ₇₁₃	TPGF(EB;0.0799)

Fuente: Elaboración propia.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 178.

Tabla 178. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (*FARDL*), segunda asignación

<i>FARDL</i>	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₃	TPGFs(MB;-0.0500)	r ₁₇₃ al p ₁₇₁₃
r ₂₇₂	TPGFs(EB;0.0749)	r ₂₇₂ al p ₁₇₂₂
r ₃₇₂	TPGFs(EB;0.0366)	r ₃₇₂ al p ₂₇₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(MB;-0.0583)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₂
r ₅₁₃	TPGFs(MB;-0.0792)	r ₅₁₃ al p ₆₁₂₁
r ₆₁₃	TPGFs(EB;0.0609)	r ₆₁₃ al p ₆₁₂₂
r ₇₁₃	TPGFs(EB;0.0799)	r ₇₁₃ al p ₇₁₁₄

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango para obtener la normalización de la *FARDL*, como puede verse en la Tabla 179.

Tabla 179. Valoraciones para normalizar la *FARDL*

Etiqueta	Valor de la <i>FARDL</i>
Valor Máximo	Máximo TPGFs(MB;-0.0500)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(EB;0.0366)
Rango (tr)	Máximo TPGFs(MB;-0.0500) - Mínimo TPGFs(EB;0.0366)

Fuente: Elaboración propia.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), segunda iteración.

En el vector *FARDLn* se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGFs_{ijl,fgjk}$ para cada ruta indica el paquete al que se asigna la ruta, ver Tabla 180.

Tabla 180. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDL_n), segunda asignación

FARDL _n	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₃	TPGFs(EA;0.0000)	r ₁₇₃ al p ₁₇₁₃
r ₂₇₂	TPGFs(M;-0.0218)	r ₂₇₂ al p ₁₇₂₂
r ₃₇₂	TPGFs(EB;0.0000)	r ₃₇₂ al p ₂₇₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(MA;0.0630)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₂
r ₅₁₃	TPGFs(A;-0.0314)	r ₅₁₃ al p ₆₁₂₁
r ₆₁₃	TPGFs(B;-0.0300)	r ₆₁₃ al p ₆₁₂₂
r ₇₁₃	TPGFs(M;0.0410)	r ₇₁₃ al p ₇₁₁₄

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (FARDL_{no})

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDL_n* para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDL_{no}*, por el cual se puede observar en la Tabla 181.

Tabla 181. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDL_{no}), segunda asignación

FARDL _{no}	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₃	TPGFs(EA;0.0000)	r ₁₇₃ al p ₁₇₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(MA;0.0630)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₂
r ₅₁₃	TPGFs(A;-0.0314)	r ₅₁₃ al p ₆₁₂₁
r ₇₁₃	TPGFs(M;0.0410)	r ₇₁₃ al p ₇₁₁₄
r ₂₇₂	TPGFs(M;-0.0218)	r ₂₇₂ al p ₁₇₂₂
r ₆₁₃	TPGFs(B;-0.0300)	r ₆₁₃ al p ₆₁₂₂
r ₃₇₂	TPGFs(EB;0.0000)	r ₃₇₂ al p ₂₇₁₃

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 181 es el resultado final de la segunda asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Tercera iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

Al igual que en la iteración anterior, en la tercera asignación de rutas a paquetes, se repite el procedimiento a partir de la TPGF, esto se observa en la Tabla 182, Tabla 183, Tabla 184 y Tabla 185, donde se excluyen los paquetes despachados y las rutas que no son solicitadas por el resto de los paquetes.

Tabla 182. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁
r ₁₇₁	TPGF(MB;-0.0557)
r ₁₇₂	TPGF(MB;-0.0674)
r ₁₇₃	TPGF(MB;-0.0387)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 183. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂
r ₂₇₁	TPGF(MB;-0.0573)
r ₂₇₂	TPGF(MB;-0.0370)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 184. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(MB;-0.0806)	TPGF(EB;0.07176)
r ₅₁₂	TPGF(MB;-0.0598)	TPGF(MB;-0.0776)
r ₅₁₃	TPGF(MB;-0.0538)	TPGF(MB;-0.0726)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 185. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	P ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPGF(MB;-0.0748)
r ₆₁₂	TPGF(MB;-0.0677)
r ₆₁₃	TPGF(MB;-0.0554)

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 186.

Tabla 186. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (*FARDL*), tercera asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₃	TPGFs(MB;-0.0387)	r ₁₇₃ al p ₂₇₁₁
r ₂₇₂	TPGFs(MB;-0.0370)	r ₂₇₂ al p ₂₇₁₂
r ₅₁₃	TPGFs(MB;0.0402)	r ₅₁₃ al p ₄₁₁₂
r ₆₁₃	TPGFs(MB;-0.0554)	r ₆₁₃ al p ₄₁₁₁

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango como puede verse en la Tabla 187.

Tabla 187. Valoraciones para normalizar la *FARDL*

Etiqueta	Valor de la FARDL
Valor Máximo	Máximo TPGFs(MB;0.0402)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(MB;-0.0554)
Rango (tr)	Máximo TPGFs(MB;0.0402) - Mínimo TPGFs(MB;-0.0554)

Fuente: Elaboración propia.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), tercera iteración.

Tabla 188. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), tercera asignación

<i>FARDLn</i>	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₃	TPGFs(MB;0.0079)	r ₁₇₃ al p ₂₇₁₁
r ₂₇₂	TPGFs(MB;0.0259)	r ₂₇₂ al p ₂₇₁₂
r ₅₁₃	TPGFs(EA;0.0000)	r ₅₁₃ al p ₄₁₁₂
r ₆₁₃	TPGFs(EB;0.0000)	r ₆₁₃ al p ₄₁₁₁

Fuente: Elaboración propia

En el vector *FARDLn* se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGF_{sijl,fijk}$ para cada ruta indica el paquete al que se asigna la ruta, ver Tabla 188.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (*FARDLno*)

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDLn* para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDLno*, por el cual se puede observar en la Tabla 189.

Tabla 189. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (*FARDLno*), tercera asignación

<i>FARDLno</i>	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₅₁₃	TPGFs(EA;0.0000)	r ₅₁₃ al p ₄₁₁₂
r ₂₇₂	TPGFs(MB;0.0259)	r ₂₇₂ al p ₂₇₁₂
r ₁₇₃	TPGFs(MB;0.0079)	r ₁₇₃ al p ₂₇₁₁
r ₆₁₃	TPGFs(EB;0.0000)	r ₆₁₃ al p ₄₁₁₁

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 189 es el resultado final de la tercera asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Cuarta iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

Para la cuarta y última asignación de este ejemplo, se calculan la TPGF y la *FARDL*, dado que consta de un único paquete, para la *FARDLn* y la *FARDLno* se considerará el mismo resultado que la *FARDL*. Ver Tabla 190.

Tabla 190. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p7121
r511	TPGF(M;0.0023)
r512	TPGF(A;-0.0431)
r513	TPGF(A;-0.0083)

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 191.

Tabla 191. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (*FARDL*), cuarta asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r513	TPGF(A;-0.0083)	r513 al p7121

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1]. En este caso, queda un único paquete pendiente, por lo que la *FARDLn* es la misma que la *FARDL*, ver Tabla 192.

Tabla 192. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), cuarta asignación

FARDLn	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r513	TPGFs(A;-0.0083)	r513 al p7121

Fuente: Elaboración propia

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), cuarta iteración.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (FARDLno)

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDLn* para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDLno*, por el cual se

puede observar en la Tabla 193.

Tabla 193. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno), cuarta asignación

FARDLno	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₅₁₃	TPGFs(A;-0.0083)	r ₅₁₃ al p ₇₁₂₁

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 193 es el resultado final de la cuarta asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas concatenada (FARDLnc)

Obtenidas todas las listas de asignaciones ordenadas, se procede a la concatenación a los efectos de realizar la traslación simbólica descendente.

Traslación simbólica descendente

Se brinda información a los distintos nodos que han participado en el proceso de evaluación, del estado global del sistema, de las asignaciones de rutas a paquetes, para saber cuál es el orden de asignación global de solicitudes. Esta traslación la realiza el Runtime central del nodo coordinador, a través de su modelo de decisión.

4.6. Evaluación

Se ha logrado la autorregulación reiterada del tráfico en redes para datagramas, en función del estado local de los nodos, estado de los enlaces y cantidad de saltos establecidos en una ruta asignada, produciéndose una actualización de los estados locales de los mismos como consecuencia del despacho de sus respectivos paquetes y de las decisiones de acceso a las rutas posibles. Se ha definido la premisa para el escenario 3, en el que los paquetes reciben las rutas mediante el uso del modelo lingüístico de 2-tuplas. En el tráfico de redes en el que se asignan rutas a paquetes, el modelo de decisión encargado de la asignación de rutas observa el estado de carga

de tráfico y produce decisiones de accesos a rutas disponibles que modifican el estado del sistema y lo reajustan reiterativamente, logrando distribuir la carga de tráfico. Se garantiza además el acceso a una sola ruta a los distintos paquetes; este proceso se repite mientras haya paquetes que soliciten acceso a rutas disponibles.

4.7. Discusiones y comentarios

La característica más destacable de esta propuesta, es su facilidad de implementación en el entorno de un administrador centralizado de despacho de paquetes. En base a los cálculos obtenidos se observó que la mejor ruta disponible para el esquema de datagramas, resultó ser la que poseía el mayor resultado de prioridad de asignación de rutas, habiéndose tomado como valores representativos mediante etiquetas lingüísticas y 2-tuplas para la prioridad de cada ruta, al menos el 50% de sus nodos y enlaces más cargados, así también, el número de saltos.

El uso del modelo lingüístico de 2-tuplas permitió mejorar la precisión y facilitó el procesamiento de textos tratando el dominio lingüístico como continuo, pero manteniendo la base lingüística (sintáctica y semántica), a través de la traslación simbólica.

Capítulo V – Comparaciones de resultados

5.1. Introducción

En el presente capítulo se tendrá en cuenta las asignaciones de rutas a paquetes de los distintos escenarios. Se realizará un análisis de todos los resultados obtenidos en los capítulos anteriores para comparar el orden de asignación de rutas de cada caso.

Se considera cada asignación de rutas a paquetes una por una, qué resultados se obtuvieron en todos los escenarios, a los efectos de comparar y comprobar la existencia de variaciones en cuanto al orden de asignaciones, así como variaciones en las alternativas de rutas en las distintas asignaciones en todas las ronda. Se consideran los siguientes casos, Escenario 1 (E1): donde los paquetes fueron despachados considerando como estado de cada ruta, el promedio del estado de sus nodos, enlaces y número de saltos; Escenario 2 (E2): donde los paquetes fueron despachados, considerando como estado de cada ruta, su nodo más cargado, enlace más cargado y número de saltos; y, Escenario 3 (E3): donde los paquetes fueron despachados, considerando como estado de cada ruta, un cierto promedio (al menos 50%) del estado de sus nodos más cargados, un cierto promedio (al menos 50%) de sus enlaces más cargado y número de saltos. También se procede a comparar los resultados, con un método tradicional que no contempla el total de criterios utilizados en el método propuesto, para observar las diferencias de asignaciones de rutas a paquetes. Se considera cada iteración, a fin de despachar todos los paquetes en base a sus prioridades.

5.2. Un método tradicional para despachar paquetes en redes

Para la comparación con el modelo desarrollado, se tendrán en cuenta como métodos tradicionales, los algoritmos de camino más corto. Estos algoritmos minimizan el coste o distancia de la ruta que une dos nodos cualesquiera. Por ejemplo, si la métrica utilizada es el número medio

de saltos, el algoritmo de camino más corto será el que minimice este número de saltos entre los nodos que se pretende conectar. Algunos de los algoritmos considerados tradicionales para determinar el camino más corto son el Dijkstra, de Floyd - Warshall, de Bellman - Ford y de Bellman - Ford distribuído (Bertsekas & Gallager, 2021).

5.3. Ejemplo de método tradicional

Se presenta como ejemplo de un método tradicional, un escenario de datagramas que considera como estado de cada ruta, el menor número de saltos, para indicar la ruta más corta disponible para despachar los paquetes.

Se consideran las etapas de la Fig. 2, pero con ciertas variaciones en los cálculos para la consideración del propósito de este ejemplo. Se utiliza el esquema de datagramas presentado en el capítulo II (ver Fig. 3). Así mismo, las rutas posibles en este ejemplo, los números de saltos, las solicitudes de rutas posibles y vectores de pesos de los paquetes, son los mismos que fueron definidos en el capítulo II (2.5).

Traslación simbólica ascendente

El nodo central recibe la información de todos los demás nodos y enlaces, con el fin de convertir la información a su propio conjunto de etiquetas lingüísticas, así como se ha presentado en la Tabla 38.

Tupla de valoración de criterios (T)

Tupla de Prioridad Nodal normalizada (TPNn)

Este método tradicional no contempla criterios de estados de los nodos, en consecuencia, no se consideran ningún promedio de carga computacional de los nodos. No se establecen vectores de pesos para ponderar las preferencias de los nodos, y no se busca la TPNn para determinar la

prioridad de cada nodo, ver Tabla 194.

Tabla 194. Prioridades nodales sin datos

Nodos	TPNn
1	-
2	-
3	-
4	-
5	-
6	-
7	-

Fuente: Elaboración propia

Tupla de Prioridad Enlace normalizada (TPEn)

Del mismo modo, éste método tradicional tampoco contempla criterios de estados de los enlaces, en consecuencia, no se consideran ningún promedio de carga computacional de los enlaces. No se establecen vectores de pesos para ponderar las preferencias de los enlaces, y no se busca la TPEn para determinar la prioridad de cada enlace, ver Tabla 195.

Tabla 195. Prioridades de enlaces sin datos

Enlaces	TPEn
e1	-
e2	-
e3	-
e4	-
e5	-
e6	-
e7	-
e8	-
e9	-
e10	-

Fuente: Elaboración propia

Tupla de Saltos (TS)

La determinación de los números de saltos TS, desde el origen al destino de cada ruta, posibilita calcular el trayecto más corto para decidir cómo despachar los paquetes. Los valores de los saltos de cada ruta, se representan en 2-tuplas, y se consideran los datos de la Tabla 56.

Tupla de Prioridad Nodal, Enlaces y Saltos (TPNES)

Una vez obtenidos los números de saltos correspondientes a las alternativas de rutas de cada paquete, estos son utilizados para determinar el trayecto más corto para despachar los

paquetes de datos. De esta manera se establecen las prioridades globales para todas las rutas, ver Tabla 196, Tabla 197, Tabla 198, Tabla 199, Tabla 200, Tabla 201, Tabla 202 y Tabla 203.

Tabla 196. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₂	p ₁₇₁₃
r ₁₇₁	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)
r ₁₇₂	TPNES(MB;0.0333)	TPNES(MB;0.0333)	TPNES(MB;0.0333)
r ₁₇₃	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 197. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₁₁	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)
r ₂₇₂	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 198. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃	p ₁₇₂₁
r ₃₇₁	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)
r ₃₇₂	TPN(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)
r ₃₇₃	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 199. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₃
r ₃₁₁	TPNES(EA;0.0000)
r ₃₁₂	TPNES(M;0.0000)
r ₃₁₃	TPNES(B;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 200. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₁	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPNES(M;0.0000)	TPNES(M;0.0000)
r ₄₁₂	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)
r ₄₁₃	TPNES(M;0.0000)	TPNES(M;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 201. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₂	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)
r ₅₁₂	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)
r ₅₁₃	TPNES(M;0.0000)	TPNES(M;0.0000)	TPNES(M;0.0000)	TPNES(M;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 202. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₁	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)
r ₆₁₂	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)
r ₆₁₃	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)	TPNES(B;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 203. Prioridades de cada alternativa de ruta para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₃	p ₇₁₁₄
r ₇₁₁	TPNES(MB;0.0333)	TPNES(MB;0.0333)
r ₇₁₂	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)
r ₇₁₃	TPNES(B;-0.0833)	TPNES(B;-0.0833)

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso corresponde a la primera ronda de asignación de paquetes a rutas, en las que se desarrollaran los pasos del 4 al 7 de la Fig. 2. A medida que los paquetes se van despachando, las rutas se liberan y quedan disponibles para otros paquetes, al finalizar todas las rondas, se obtendrá el listado final ordenado y concatenado con todas las rondas de asignación, que corresponde a la FARDLnc.

Primera iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

En este paso se realiza el cálculo de las prioridades o preferencias de los paquetes para acceder a las rutas disponibles, se determina el orden en que se asignan las rutas y a qué paquete es asignado cada posible ruta, todos los valores están representados mediante etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

Se consideran los pesos finales TPF_n de la Tabla 65, Tabla 66, Tabla 67, Tabla 68, Tabla 69, Tabla 70, Tabla 71 y Tabla 72 del capítulo II, que deben ser multiplicados escalarmente por la TPNES de la Tabla 196, Tabla 197, Tabla 198, Tabla 199, Tabla 200, Tabla 201, Tabla 202 y Tabla 203 tomadas fila por fila, para obtener la TPGF (Tupla de Prioridad Global Final) de acceso de cada paquete a cada ruta; esto se indica a continuación en la Tabla 204, Tabla 205, Tabla 206, Tabla 207, Tabla 208, Tabla 209, Tabla 210 y Tabla 211.

Tabla 204. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁	p ₁₇₁₂	p ₁₇₁₃
r ₁₇₁	TPGF(EB;0.0080)	TPGF(EB;0.0186)	TPGF(EB;0.0186)
r ₁₇₂	TPGF(EB;0.0064)	TPGF(EB;0.0149)	TPGF(EB;0.0149)
r ₁₇₃	TPGF(EB;0.0080)	TPGF(EB;0.0186)	TPGF(EB;0.0186)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 205. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂	p ₁₇₁₁	p ₁₇₂₂
r ₂₇₁	TPGF(EB;0.0106)	TPGF(EB;0.0248)	TPGF(EB;0.0118)
r ₂₇₂	TPGF(EB;0.0080)	TPGF(EB;0.0186)	TPGF(EB;0.0089)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 206. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₃	p ₁₇₂₁
r ₃₇₁	TPGF(EB;0.0106)	TPGF(EB;0.0118)
r ₃₇₂	TPGF(EB;0.0106)	TPGF(EB;0.0118)
r ₃₇₃	TPGF(EB;0.0080)	TPGF(EB;0.0089)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 207. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₃
r ₃₁₁	TPGF(EB;0.0745)
r ₃₁₂	TPGF(EB;0.0372)
r ₃₁₃	TPGF(EB;0.0248)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 208. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₁₁	p ₆₁₁₂
r ₄₁₁	TPGF(EB;0.0372)	TPGF(EB;0.0372)
r ₄₁₂	TPGF(EB;0.0248)	TPGF(EB;0.0248)
r ₄₁₃	TPGF(EB;0.0372)	TPGF(EB;0.0372)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 209. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₂	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(EB;0.0236)	TPGF(EB;0.0071)	TPGF(EB;0.0071)	TPGF(EB;0.0059)
r ₅₁₂	TPGF(EB;0.0236)	TPGF(EB;0.0071)	TPGF(EB;0.0071)	TPGF(EB;0.0059)
r ₅₁₃	TPGF(EB;0.0355)	TPGF(EB;0.0106)	TPGF(EB;0.0106)	TPGF(EB;0.0089)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 210. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₁	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPGF(EB;0.0177)	TPGF(EB;0.0053)	TPGF(EB;0.005)
r ₆₁₂	TPGF(EB;0.0236)	TPGF(EB;0.0071)	TPGF(EB;0.007)
r ₆₁₃	TPGF(EB;0.0236)	TPGF(EB;0.0071)	TPGF(EB;0.007)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 211. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₃	p ₇₁₁₄
r ₇₁₁	TPGF(EB;0.0142)	TPGF(EB;0.0142)
r ₇₁₂	TPGF(EB;0.0177)	TPGF(EB;0.0177)
r ₇₁₃	TPGF(EB;0.0177)	TPGF(EB;0.0177)

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también van a ser evaluadas. Esto constituye la Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), se observa en la Tabla 212.

Tabla 212. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₁	TPGFs(EB;0.0452)	r ₁₇₁ al p ₁₇₁₂
r ₂₇₁	TPGFs(EB;0.0473)	r ₂₇₁ al p ₁₇₁₁
r ₃₇₁	TPGFs(EB;0.0225)	r ₃₇₁ al p ₁₇₂₁
r ₃₁₁	TPGFs(EB;0.0745)	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(EB;0.0745)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₁
r ₅₁₃	TPGFs(EB;0.0656)	r ₅₁₃ al p ₇₁₁₂
r ₆₁₂	TPGFs(EB;0.0378)	r ₆₁₂ al p ₇₁₁₁
r ₇₁₂	TPGFs(EB;0.0355)	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₃

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn)

Calculando la FARDL para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentren en el intervalo [0,1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango como puede verse en la Tabla 213.

Tabla 213. Valores para normalizar la FARDL

Etiqueta	Valor de la FARDL
Valor Máximo	Máximo TPGFs(EB;0.0745)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(EB;0.0225)
Rango (Tr)	Máximo TPGFs(EB;0.0745) - Mínimo TPGFs(EB;0.0225)

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se constituye la Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (FARDLn), y se muestra en la Tabla 214.

Tabla 214. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada

FARDLn	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₁	TPGFs(M;-0.0625)	r ₁₇₁ al p ₁₇₁₂
r ₂₇₁	TPGFs(M;-0.0229)	r ₂₇₁ al p ₁₇₁₁
r ₃₇₁	TPGFs(EB;0.0000)	r ₃₇₁ al p ₁₇₂₁
r ₃₁₁	TPGFs(EA;-0.0002)	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(EA;0.0000)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₁
r ₅₁₃	TPGFs(MA;-0.0038)	r ₅₁₃ al p ₇₁₁₂
r ₆₁₂	TPGFs(B;-0.0381)	r ₆₁₂ al p ₇₁₁₁
r ₇₁₂	TPGFs(MB;0.0832)	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₃

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (FARDLno)

El siguiente paso es ordenar de mayor a menor las prioridades del vector FARDLn para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la FARDLno, por el cual se observa en la Tabla 215.

Tabla 215. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada

FARDLno	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r411	TPGFs(EA;0.000)	r411 al p6111
r311	TPGFs(EA;-0.0002)	r311 al p6113
r513	TPGFs(MA;-0.0038)	r513 al p7112
r271	TPGFs(M;-0.0229)	r271 al p1711
r171	TPGFs(M;-0.0625)	r171 al p1712
r612	TPGFs(B;-0.0381)	r612 al p7111
r712	TPGFs(MB;0.0832)	r712 al p7113
r371	TPGFs(EB;0.0000)	r371 al p1721

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 215 es el resultado final de la primera asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Segunda iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

La segunda asignación de rutas a paquetes, se observan en la Tabla 216, Tabla 217, Tabla 218, Tabla 219, Tabla 220, Tabla 221 y Tabla 222 donde se repite el procedimiento a partir de la TPGF, y se excluyen los paquetes despachados y las rutas que no son requeridas por el resto de los paquetes.

Tabla 216. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p2711	p1713
r171	TPGF(EB;0.0176)	TPGF(EB;0.0410)
r172	TPGF(EB;0.0141)	TPGF(EB;0.0328)
r173	TPGF(EB;0.0176)	TPGF(EB;0.0410)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 217. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p2712	p1722
r271	TPGF(EB;0.0234)	TPGF(EB;0.0260)
r272	TPGF(EB;0.0176)	TPGF(EB;0.0195)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 218. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 3, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p2713
r371	TPGF(EB;0.0234)
r372	TPGF(EB;0.0234)
r373	TPGF(EB;0.0176)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 219. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 4, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p6112
r411	TPGF(EB;0.0820)
r412	TPGF(EB;0.0547)
r413	TPGF(EB;0.0820)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 220. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₂₁	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(EB;0.0156)	TPGF(EB;0.0156)	TPGF(EB;0.0130)
r ₅₁₂	TPGF(EB;0.0156)	TPGF(EB;0.0156)	TPGF(EB;0.0130)
r ₅₁₃	TPGF(EB;0.0234)	TPGF(EB;0.0234)	TPGF(EB;0.0195)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 221. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₆₁₂₂	p ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPGF(EB;0.0117)	TPGF(EB;0.0117)
r ₆₁₂	TPGF(EB;0.0156)	TPGF(EB;0.0156)
r ₆₁₃	TPGF(EB;0.0156)	TPGF(EB;0.0156)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 222. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 7, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₁₄
r ₇₁₁	TPGF(EB;0.0312)
r ₇₁₂	TPGF(EB;0.0391)
r ₇₁₃	TPGF(EB;0.0391)

Fuente: Elaboración propia.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 223.

Tabla 223. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (*FARDL*), segunda asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₁	TPGFs(EB;0.0586)	r ₁₇₁ al p ₁₇₁₃
r ₂₇₁	TPGFs(EB;0.0495)	r ₂₇₁ al p ₁₇₂₂
r ₃₇₁	TPGFs(EB;0.0234)	r ₃₇₁ al p ₂₇₁₃
r ₄₁₁	TPGFs(EB;0.0820)	r ₄₁₁ al p ₆₁₁₂
r ₅₁₃	TPGFs(EB;0.0664)	r ₅₁₃ al p ₆₁₂₁
r ₆₁₂	TPGFs(EB;0.0313)	r ₆₁₂ al p ₆₁₂₂
r ₇₁₂	TPGFs(EB;0.0391)	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₄

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDLn)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango como puede verse en la Tabla 224.

Tabla 224. Valoraciones para normalizar la FARDL

Etiqueta	Valor de la FARDL
Valor Máximo	Máximo TPGFs(EB;0.0820)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(EB;0.0234)
Rango (tr)	Máximo TPGFs(EB;0.0820) - Mínimo TPGFs(EB;0.0234)

Fuente: Elaboración propia.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), segunda iteración.

En el vector *FARDLn* se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGFs_{ijl,fgjk}$ para cada ruta indica el paquete al que se asigna la ruta, ver Tabla 225.

Tabla 225. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDLn*), segunda asignación

FARDLn	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r171	TPGFs(A;-0.0666)	r171 al p1713
r271	TPGFs(M;-0.0556)	r271 al p1722
r371	TPGFs(EB;0.0000)	r371 al p2713
r411	TPGFs(EA;0.0000)	r411 al p6112
r513	TPGFs(A;0.0667)	r513 al p6121
r612	TPGFs(MB;-0.0332)	r612 al p6122
r712	TPGFs(B;-0.0667)	r712 al p7114

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (*FARDLno*)

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDLn* para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDLno*, por el cual se puede observar en la Tabla 226.

Tabla 226. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (*FARDLno*), segunda asignación

FARDLno	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r411	TPGFs(EA;0.0000)	r411 al p6112
r513	TPGFs(A;0.0667)	r513 al p6121
r171	TPGFs(A;-0.0666)	r171 al p1713
r271	TPGFs(M;-0.0556)	r271 al p1722
r712	TPGFs(B;-0.0667)	r712 al p7114
r612	TPGFs(MB;-0.0332)	r612 al p6122
r371	TPGFs(EB;0.0000)	r371 al p2713

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 226 es el resultado final de la segunda asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Tercera iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

En la tercera asignación de rutas a paquetes, se repite el procedimiento a partir de la TPGF, esto se observa en Tabla 227, Tabla 228, Tabla 229 y Tabla 230, donde se excluyen los paquetes despachados y las rutas que no son solicitadas por el resto de los paquetes.

Tabla 227. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 1, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₁
r ₁₇₁	TPGF(EB;0.0643)
r ₁₇₂	TPGF(EB;0.0514)
r ₁₇₃	TPGF(EB;0.0643)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 228. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 2, destino nodo 7

Alternativas de rutas	p ₂₇₁₂
r ₂₇₁	TPGF(MB;-0.0810)
r ₂₇₂	TPGF(EB;0.0643)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 229. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₄₁₁₂	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(EB;0.0571)	TPGF(EB;0.0476)
r ₅₁₂	TPGF(EB;0.0571)	TPGF(EB;0.0476)
r ₅₁₃	TPGF(MB;-0.0809)	TPGF(EB;0.0714)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 230. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 6, destino nodo 1

Alternativas de rutas	P ₄₁₁₁
r ₆₁₁	TPGF(EB;0.0429)
r ₆₁₂	TPGF(EB;0.0571)
r ₆₁₃	TPGF(EB;0.0571)

Fuente: Elaboración propia.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplaS como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la *FARDL* se observa en la Tabla 231.

Tabla 231. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (*FARDL*), tercera asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₁₇₁	TPGFs(EB;0.0643)	r ₁₇₁ al p ₂₇₁₁
r ₂₇₁	TPGFs(MB;-0.0810)	r ₂₇₁ al p ₂₇₁₂
r ₅₁₃	TPGFs(MB;-0.0095)	r ₅₁₃ al p ₄₁₁₂
r ₆₁₂	TPGFs(EB;0.0571)	r ₆₁₂ al p ₄₁₁₁

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDL_n)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1], para ello, se utilizan los valores: máximo, mínimo y rango como puede verse en la Tabla 232.

Tabla 232. Valoraciones para normalizar la FARDL

Etiqueta	Valor de la FARDL
Valor Máximo	Máximo TPGFs(MB;-0.0095)
Valor mínimo	Mínimo TPGFs(EB;0.0571)
Rango (tr)	Máximo TPGFs(MB;-0.0095) - Mínimo TPGFs(EB;0.0571)

Fuente: Elaboración propia.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDL_n*), tercera iteración.

Tabla 233. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDL_n*), tercera asignación

FARDL _n	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r171	TPGFs(EB;0.0715)	r171 al p2711
r271	TPGFs(B;-0.0477)	r271 al p2712
r513	TPGFs(EA;0.0000)	r513 al p4112
r612	TPGFs(EB;0.0000)	r612 al p4111

Fuente: Elaboración propia

En el vector *FARDL_n* se muestra el paquete que le corresponde a cada ruta de acuerdo al orden en el que están. Como ya se ha indicado, el mayor de los productos $TPGFs_{ijl,fijk}$ para cada ruta indica el paquete al que se asigna la ruta, ver Tabla 233.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (FARDL_{no})

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDL_n* para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDL_{no}*, por el cual se puede observar en la Tabla 234.

Tabla 234. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada ordenada (*FARDL_{no}*), tercera asignación

FARDL _{no}	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r513	TPGFs(EA;0.0000)	r513 al p4112
r271	TPGFs(B;-0.0477)	r271 al p2712
r171	TPGFs(EB;0.0715)	r171 al p2711
r612	TPGFs(EB;0.0000)	r612 al p4111

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 234 es el resultado final de la tercera asignación de rutas a los paquetes que

tuvieron las mayores prioridades.

Cuarta iteración

Tupla de Prioridad Global Final (TPGF)

Para la cuarta y última asignación de este ejemplo, se calculan la TPGF y la FARDL, dado que consta de un único paquete, para la FARDL_n y la FARDL_{no} se considerará el mismo resultado que la FARDL. Ver Tabla 235.

Tabla 235. TPGF de las alternativas de rutas para los paquetes con origen actual nodo 5, destino nodo 1

Alternativas de rutas	p ₇₁₂₁
r ₅₁₁	TPGF(B;0.0000)
r ₅₁₂	TPGF(B;0.0000)
r ₅₁₃	TPGF(M;0.0000)

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL)

La sumatoria de todos los elementos de la TPGF recientemente calculada, en relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada en relación a las demás rutas que también son evaluadas. Esto constituye lo que se denomina Función de Asignación para Rutas Disponibles Lingüística (*FARDL*) y se representa en 2-tuplas como Tupla de Prioridad Global Final sumatoria (TPGFs), la FARDL se observa en la Tabla 236.

Tabla 236. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), cuarta asignación

FARDL	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₅₁₃	TPGF(M;0.0000)	r ₅₁₃ al p ₇₁₂₁

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas (FARDL_n)

Calculando la *FARDL* para todas las rutas se obtiene un vector, el cual debe ser normalizado para garantizar que las 2-tuplas obtenidas se encuentran en el intervalo [0, 1]. En este caso, queda un único paquete pendiente, por lo que la FARDL_n es la misma que la FARDL, ver Tabla 237.

Esto es lo que se denomina Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizada (*FARDL_n*), cuarta iteración.

Tabla 237. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), cuarta asignación

FARDL _n	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₅₁₃	TPGF(M;0.0000)	r ₅₁₃ al p ₇₁₂₁

Fuente: Elaboración propia

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas ordenadas (FARDL_{no})

En el siguiente paso se ordena de mayor a menor las prioridades del vector *FARDL_n* para obtener el orden de prioridad final de asignación de rutas, es decir, la *FARDL_{no}*, por el cual se puede observar en la Tabla 238.

Tabla 238. Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas (FARDL), cuarta asignación

FARDL _{no}	Prioridad Global Final para asignar la ruta al paquete	Rutas asignadas a paquetes
r ₅₁₃	TPGF(M;0.0000)	r ₅₁₃ al p ₇₁₂₁

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 238 es el resultado final de la cuarta asignación de rutas a los paquetes que tuvieron las mayores prioridades.

Función de Asignación de Rutas Disponibles Lingüísticas normalizadas concatenada (FARDL_{nc})

Obtenidas todas las listas de asignaciones ordenadas, se procede a la concatenación a los efectos de realizar la traslación simbólica descendente.

5.3.9 Traslación simbólica descendente

Se brinda información a los distintos nodos que han participado en el proceso de evaluación, del estado global del sistema, de las asignaciones de rutas a paquetes, para saber cuál es el orden de asignación global de solicitudes. Esta traslación la realiza el Runtime central del nodo coordinador, a través de su modelo de decisión.

5.4. Comparativa de resultados

Se han desarrollado 3 escenarios distintos (E1, E2 y E3), contemplando criterios de estados de los nodos, enlaces y saltos. También se ha aplicado el modelo a un método tradicional (MT), en donde se asignaron rutas a paquetes teniendo en cuenta el menor número de saltos, para ello fue necesario anular la información de los criterios de estado de los nodos y enlaces.

Primera iteración

Para la comparativa de los 3 escenarios y el método tradicional en la primera asignación, se tendrá en cuenta la Tabla 84, Tabla 127, Tabla 170 y Tabla 215.

En la asignación de ruta al paquete p_{6111} , se asigna la misma ruta en todos los escenarios, sin embargo, se puede observar una variación en cuanto al orden de asignación en E2. El método tradicional coincide con la mayoría de los demás escenarios, ver Tabla 239.

Tabla 239. Comparación de asignación de ruta al paquete p_{6111}

Escenarios	Paquete p_{6111}		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignaciones	Prioridad de asignaciones
E1	r_{411} al p_{6111}	1°	TPGFs(EA;0.0000)
E2	r_{411} al p_{6111}	2°	TPGFs(EA;-0.0251)
E3	r_{411} al p_{6111}	1°	TPGFs(EA;0.0000)
MT	r_{411} al p_{6111}	1°	TPGFs(EA;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p_{1712} , se puede observar en los escenarios con el método propuesto, variaciones en cuanto al orden de asignación en el escenario 2. También se asigna otra alternativa de ruta en el escenario 1. El método tradicional asigna la alternativa de ruta más corta, sin considerar el estado de sus nodos y enlaces, en un orden de menor prioridad que el resto, ver Tabla 240.

Tabla 240. Comparación de asignación de ruta al paquete p_{1712}

Escenarios	Paquete p_{1712}		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r_{172} al p_{1712}	2°	TPGFs(MA;0.0744)
E2	r_{173} al p_{1712}	1°	TPGFs(EA;0.0000)
E3	r_{173} al p_{1712}	2°	TPGFs(MA;0.0349)
MT	r_{171} al p_{1712}	5°	TPGFs(M;-0.0625)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₇₁₁₂, se puede observar que todas se asignan en el mismo orden, sin embargo, en el escenario 1 se asigna otra alternativa de ruta. El método tradicional coincide con la mayoría de los escenarios, ver Tabla 241.

Tabla 241. Comparación de asignación de ruta al paquete p₇₁₁₂

Escenarios	Paquete p ₇₁₁₂		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₅₁₂ al p ₇₁₁₂	3°	TPGFs(A;0.0648)
E2	r ₅₁₃ al p ₇₁₁₂	3°	TPGFs(MA;-0.0243)
E3	r ₅₁₃ al p ₇₁₁₂	3°	TPGFs(MA;-0.0223)
MT	r ₅₁₃ al p ₇₁₁₂	3°	TPGFs(MA;-0.0038)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₇₁₁₃, se puede observar en los escenarios con el método propuesto, una variación en cuanto al orden de asignación en el escenario 3. También se asigna otra alternativa de ruta en el escenario 1. El método tradicional asigna la misma ruta que el escenario 1, pero con menor prioridad, ver Tabla 242.

Tabla 242. Comparación de asignación de ruta al paquete p₇₁₁₃

Escenarios	Paquete p ₇₁₁₃		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₃	4°	TPGFs(A;-0.0080)
E2	r ₇₁₃ al p ₇₁₁₃	4°	TPGFs(A;0.0755)
E3	r ₇₁₃ al p ₇₁₁₃	5°	TPGFs(A;-0.0746)
MT	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₃	7°	TPGFs(MB;0.0832)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₁₇₁₁, se asigna la misma ruta a todos los escenarios con el método propuesto, sin embargo, se puede observar variaciones en cuanto al orden de asignación en todos los escenarios. El método tradicional asigna la ruta más corta, sin considerar el estado de sus nodos y enlaces, ver Tabla 243.

Tabla 243. Comparación de asignación de ruta al paquete p₁₇₁₁

Escenarios	Paquete p ₁₇₁₁		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₂₇₂ al p ₁₇₁₁	5°	TPGFs(M;0.0331)
E2	r ₂₇₂ al p ₁₇₁₁	7°	TPGFs(B;0.0447)
E3	r ₂₇₂ al p ₁₇₁₁	6°	TPGFs(M;0.0764)
MT	r ₂₇₁ al p ₁₇₁₁	4°	TPGFs(M;-0.0229)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₇₁₁₁, se puede observar variaciones en cuanto al orden

de asignación en todos los escenarios con el método propuesto. También se asigna otra alternativa de ruta para el escenario 1. El método tradicional asigna la misma ruta que el escenario 1, y en el mismo orden, ver Tabla 244.

Tabla 244. Comparación de asignación de ruta al paquete p₇₁₁₁

Escenarios	Paquete p ₇₁₁₁		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₆₁₂ al p ₇₁₁₁	6°	TPGFs(M;0.0176)
E2	r ₆₁₃ al p ₇₁₁₁	5°	TPGFs(M;0.0710)
E3	r ₆₁₃ al p ₇₁₁₁	4°	TPGFs(A;-0.0568)
MT	r ₆₁₂ al p ₇₁₁₁	6°	TPGFs(B;-0.0381)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₆₁₁₃, se asigna la misma ruta en todos los escenarios con el método propuesto, sin embargo, se puede observar una variación en cuanto al orden de asignación en el escenario 2. El método tradicional asigna la misma ruta que los demás escenarios, y con mayor prioridad de asignación, ver Tabla 245.

Tabla 245. Comparación de asignación de ruta al paquete p₆₁₁₃

Escenarios	Paquete p ₆₁₁₃		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃	7°	TPGFs(B;0.0790)
E2	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃	6°	TPGFs(M;-0.0370)
E3	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃	7°	TPGFs(M;-0.0830)
MT	r ₃₁₁ al p ₆₁₁₃	2°	TPGFs(EA;-0.0002)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₁₇₂₁, se asigna la misma ruta en todos los escenarios con el método propuesto, y se puede observar que en todos se asignan en el mismo orden. El método tradicional asigna una alternativa diferente, por ser la más corta y no considera el estado de sus, y enlaces, ver Tabla 246.

Tabla 246. Comparación de asignación de ruta al paquete p₁₇₂₁

Escenarios	Paquete p ₁₇₂₁		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₃₇₂ al p ₁₇₂₁	8°	TPGFs(EB;0.0000)
E2	r ₃₇₂ al p ₁₇₂₁	8°	TPGFs(EB;0.0000)
E3	r ₃₇₂ al p ₁₇₂₁	8°	TPGFs(EB;0.0000)
MT	r ₃₇₁ al p ₁₇₂₁	8°	TPGFs(EB;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

Segunda iteración

Para la comparativa de los 3 escenarios y el método tradicional en la segunda asignación, se tendrá en cuenta la Tabla 95, Tabla 138, Tabla 181 y Tabla 226.

En la asignación de ruta al paquete p_{1713} , se puede observar que en los escenarios con el método propuesto, todas se asignan en el mismo orden y con mayor prioridad en esta segunda ronda, sin embargo, para el escenario 1 se asigna otra alternativa de ruta. El método tradicional asigna una ruta diferente a los demás, por ser más corta y sin considerar el estado de sus nodos y enlaces, en tercer lugar de asignación, ver Tabla 247.

Tabla 247. Comparación de asignación de ruta al paquete p_{1713}

Escenarios	Paquete p_{1713}		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r_{172} al p_{1713}	1°	TPGFs(EA;0.0000)
E2	r_{173} al p_{1713}	1°	TPGFs(EA;0.0000)
E3	r_{173} al p_{1713}	1°	TPGFs(EA;0.0000)
MT	r_{171} al p_{1713}	3°	TPGFs(A;-0.0666)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p_{6112} , se asigna la misma ruta en todos los escenarios con el método propuesto, y se puede observar que todas se asignan en el mismo orden. El método tradicional asigna la misma ruta que los demás escenarios, y con más prioridad, ver Tabla 248.

Tabla 248. Comparación de asignación de ruta al paquete p_{6112}

Escenarios	Paquete p_{6112}		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r_{411} al p_{6112}	2°	TPGFs(MA;0.0394)
E2	r_{411} al p_{6112}	2°	TPGFs(MA;-0.0469)
E3	r_{411} al p_{6112}	2°	TPGFs(MA;0.0630)
MT	r_{411} al p_{6112}	1°	TPGFs(EA;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p_{7114} , se puede observar en los escenarios con el método propuesto, una variación en cuanto al orden de asignación en el escenario 3. También se asigna otra alternativa de ruta para el escenario 1. El método tradicional asigna la misma ruta que el escenario 1, pero con menor prioridad, ver Tabla 249.

Tabla 249. Comparación de asignación de ruta al paquete p₇₁₁₄

Escenarios	Paquete p ₇₁₁₄		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₄	3°	TPGFs(M;0.0820)
E2	r ₇₁₃ al p ₇₁₁₄	3°	TPGFs(A;-0.0642)
E3	r ₇₁₃ al p ₇₁₁₄	4°	TPGFs(M;0.0410)
MT	r ₇₁₂ al p ₇₁₁₄	5°	TPGFs(B;-0.0667)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₆₁₂₁, se puede observar en los escenarios con el método propuesto, una variación en cuanto al orden de asignación en el escenario 3. También se asigna otra alternativa de ruta para el escenario 1. El Método propuesto coincide en asignar la misma ruta que la mayoría de los demás escenarios y con mayor prioridad en el orden de asignación, ver Tabla 250.

Tabla 250. Comparación de asignación de ruta al paquete p₆₁₂₁

Escenarios	Paquete p ₆₁₂₁		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₅₁₂ al p ₆₁₂₁	4°	TPGFs(M;0.0617)
E2	r ₅₁₃ al p ₆₁₂₁	4°	TPGFs(M;0.0784)
E3	r ₅₁₃ al p ₆₁₂₁	3°	TPGFs(A;-0.0314)
MT	r ₅₁₃ al p ₆₁₂₁	2°	TPGFs(A;0.0667)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₁₇₂₂, se asigna la misma ruta a todos los escenarios con el método propuesto, y se puede observar que todas se asignan en el mismo orden. El Método tradicional asigna la ruta más corta, son considerar el estado de sus nodos y enlaces, ver Tabla 251.

Tabla 251. Comparación de asignación de ruta al paquete p₁₇₂₂

Escenarios	Paquete p ₁₇₂₂		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₂₇₂ al p ₁₇₂₂	5°	TPGFs(M;-0.0672)
E2	r ₂₇₂ al p ₁₇₂₂	5°	TPGFs(B;-0.0488)
E3	r ₂₇₂ al p ₁₇₂₂	5°	TPGFs(M;-0.0218)
MT	r ₂₇₁ al p ₁₇₂₂	4°	TPGFs(M;-0.0556)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₆₁₂₂, se puede observar en los escenarios con el método propuesto, que todas se asignan en el mismo orden, sin embargo, en el escenario 1, se asigna otra alternativa de ruta. El método tradicional asigna la ruta más corta, sin considerar el estado de sus nodos y enlaces, ver Tabla 252.

Tabla 252. Comparación de asignación de ruta al paquete p₆₁₂₂

Escenarios	Paquete p ₆₁₂₂		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₆₁₂ al p ₆₁₂₂	6°	TPGFs(B;-0.0799)
E2	r ₆₁₃ al p ₆₁₂₂	6°	TPGFs(B;-0.0556)
E3	r ₆₁₃ al p ₆₁₂₂	6°	TPGFs(B;-0.0300)
MT	r ₆₁₂ al p ₆₁₂₂	6°	TPGFs(MB;-0.0332)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₂₇₁₃, se asigna la misma ruta en todos los escenarios con el método propuesto, y se puede observar que todas se asignan en el mismo orden. El método tradicional asigna la ruta más corta, sin considerar el estado de sus nodos y enlaces, ver Tabla 253.

Tabla 253. Comparación de asignación de ruta al paquete p₂₇₁₃

Escenarios	Paquete p ₂₇₁₃		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₃₇₂ al p ₂₇₁₃	7°	TPGFs(EB;0.0000)
E2	r ₃₇₂ al p ₂₇₁₃	7°	TPGFs(EB;0.0000)
E3	r ₃₇₂ al p ₂₇₁₃	7°	TPGFs(EB;0.0000)
MT	r ₃₇₁ al p ₂₇₁₃	7°	TPGFs(EB;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

Tercera iteración

Para la comparativa de los 3 escenarios y el método tradicional en la tercera asignación, se tendrá en cuenta la Tabla 103, Tabla 146, Tabla 189 y Tabla 234.

En la asignación de ruta al paquete p₄₁₁₂, se puede observar que todas se asignan en el mismo orden, sin embargo, en el escenario 1 se asigna otra alternativa de ruta. El método tradicional coincide con la mayoría de los escenarios con el método propuesto, ver Tabla 254.

Tabla 254. Comparación de asignación de ruta al paquete p₄₁₁₂

Escenarios	Paquete p ₄₁₁₂		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₅₁₂ al p ₄₁₁₂	1°	TPGFs(EA;0.0000)
E2	r ₅₁₃ al p ₄₁₁₂	1°	TPGFs(EA;0.0000)
E3	r ₅₁₃ al p ₄₁₁₂	1°	TPGFs(EA;0.0000)
MT	r ₅₁₃ al p ₄₁₁₂	1°	TPGFs(EA;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₂₇₁₁, se puede observar una variación en cuanto al orden de asignación en el escenario 3, entre los escenarios propuestos. También se asigna otra alternativa de ruta para el escenario 1. El método tradicional asigna la ruta más corta, que no se

consideraron en los demás escenarios, por resultar poco conveniente para el paquete, ver Tabla 255.

Tabla 255. Comparación de asignación de ruta al paquete p₂₇₁₁

Escenarios	Paquete p ₂₇₁₁		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₁₇₂ al p ₂₇₁₁	2°	TPGFs(B;0.0063)
E2	r ₁₇₃ al p ₂₇₁₁	2°	TPGFs(B;0.0618)
E3	r ₁₇₃ al p ₂₇₁₁	3°	TPGFs(MB;0.0079)
MT	r ₁₇₁ al p ₂₇₁₁	3°	TPGFs(EB;0.0715)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₂₇₁₂, se asigna la misma ruta en todos los escenarios propuestos, y se puede observar variaciones en cuanto al orden de asignación. El método tradicional asigna otra alternativa de ruta, en segundo lugar, del orden de asignación, ver Tabla 256.

Tabla 256. Comparación de asignación de ruta al paquete p₂₇₁₂

Escenarios	Paquete p ₂₇₁₂		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₂₇₂ al p ₂₇₁₂	3°	TPGFs(MB;0.0683)
E2	r ₂₇₂ al p ₂₇₁₂	4°	TPGFs(EB;0.0000)
E3	r ₂₇₂ al p ₂₇₁₂	2°	TPGFs(MB;0.0259)
MT	r ₂₇₁ al p ₂₇₁₂	2°	TPGFs(EB;-0.0477)

Fuente: Elaboración propia.

En la asignación de ruta al paquete p₄₁₁₁, se puede observar una variación en cuanto al orden de asignación en el escenario 2. También se asigna otra alternativa de ruta para el escenario 1. El método tradicional coincide plenamente con el escenario 1 del método propuesto, ver Tabla 257.

Tabla 257. Comparación de asignación de ruta al paquete p₄₁₁₁

Escenarios	Paquete p ₄₁₁₁		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r ₆₁₂ al p ₄₁₁₁	4°	TPGFs(EB;0.0000)
E2	r ₆₁₃ al p ₄₁₁₁	3°	TPGFs(EB;0.0402)
E3	r ₆₁₃ al p ₄₁₁₁	4°	TPGFs(EB;0.0000)
MT	r ₆₁₂ al p ₄₁₁₁	4°	TPGFs(EB;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

Cuarta iteración

Para la comparativa de los 3 escenarios y el método tradicional en la cuarta asignación, se

tendrá en cuenta Tabla 107, Tabla 150, Tabla 193 y Tabla 238.

En la asignación de ruta al paquete p_{7121} , se puede observar que todas se asignan en el mismo orden por ser el último paquete a despachar, sin embargo, se asigna otra alternativa de ruta en el escenario 1. El método tradicional coincide la decisión con la mayoría de los demás escenarios, ver Tabla 258.

Tabla 258. Comparación de asignación de ruta al paquete p_{7121}

Escenarios	Paquete p_{7121}		
	Rutas asignadas a paquetes	Orden de asignación	Prioridad de asignaciones
E1	r_{512} al p_{7121}	1°	TPGFs(A;-0.0272)
E2	r_{513} al p_{7121}	1°	TPGFs(A;-0.0084)
E3	r_{513} al p_{7121}	1°	TPGF(A;-0.0083)
MT	r_{513} al p_{7121}	1°	TPGF(M;0.0000)

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Discusiones y comentarios

En el presente capítulo se ha comparado todos los resultados obtenidos en los escenarios propuestos y en el escenario con un método tradicional. Se ha observado que, en los escenarios del método propuesto, en la mayoría de los casos los resultados coinciden, pocos casos presentan variaciones en cuanto al orden de asignación para despachar los paquetes, y así también, variaciones en la asignación de rutas a algunos paquetes, sin embargo, en el método tradicional hay pocas coincidencias de asignaciones, por el motivo de ignorar el estado de los nodos y enlaces, y únicamente decidir despachar los paquetes por el camino más corto. Esta comparación permitió demostrar que el método propuesto puede mejorar la gestión del tráfico en las redes, ya que permite tomar decisiones inteligentes, basadas en la información de control obtenidas de los criterios relacionados con los nodos, enlaces y saltos, para determinar la ruta más adecuada para despachar cada paquete. Las prioridades de asignación obtenidas en cada paso, fueron representadas con etiquetas lingüísticas y 2-tuplas. También se ha llegado a la conclusión, de que el ejemplo del método tradicional, es un caso particular, del método general propuesto en este trabajo. Esto se

logra anulando ciertos criterios, que permiten ajustar los requerimientos de los métodos tradicionales usados como ejemplo.

Capítulo VI – Modelo de decisión

6.1. Introducción

El Modelo de Decisión cumple la tarea de seleccionar la mejor alternativa para lograr la mejor solución, define objetivos claros basándose en la recolección de datos y su relevancia estudiando las posibles alternativas.

El objetivo principal de las redes en internet, es que los paquetes de datos lleguen a destino cada vez que exista un requerimiento. Para ello se tendrá en cuenta el acceso a rutas disponibles, y la determinación de la mejor alternativa para despachar los paquetes, en función a criterios basados en la información de los nodos, enlaces y saltos de las rutas, y los vectores de pesos correspondientes.

Las premisas, estructuras de datos y el operador mencionado en (Ríos & La Red Martinez, 2019a) son aplicadas para resolver el escenario que se describe a continuación. Se opera con lógica difusa, etiquetas lingüísticas y 2-tuplas, basado en (Dutta et al., 2019) y (J. T. Fornerón et al., 2020).

6.2. Operador de agregación del modelo de decisión

La propuesta desarrollada en este trabajo consiste en generar un modelo de decisión y su correspondiente operador de agregación para el enrutamiento de paquete en la gestión del tráfico en redes de datos utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas. Las características de los operadores de agregación descritos permiten considerar que el método propuesto pertenece a la familia de operadores de agregación Neat-OWA.

Este método permite de manera rápida y sencilla realizar una elección en un problema de decisión. El proceso para tomar una decisión multicriterio con este operador es el siguiente:

- a) Identificar el propósito del problema;
- b) Identificar las alternativas;
- c) Considerar la información general de todo el sistema.

6.4.1. Identificar el propósito del problema

Este paso consiste en identificar qué es lo que se desea alcanzar. Para este trabajo lo que se intenta resolver son los requerimientos de rutas por parte de los paquetes que se encuentran en los nodos de la red de datos. Para ello se utilizará la expresión de los valores calculados en términos de 2-tuplas utilizando un conjunto de etiquetas lingüísticas.

6.4.2. Identificar las alternativas

Son las opciones que podría ayudar a la consecución del propósito que se trazó en el primer paso. En cada nodo actúa un Runtime (software en tiempo de ejecución complementario) que gestiona los paquetes y rutas disponibles y define el escenario correspondiente, tales como, si se considera el estado del promedio de sus nodos, enlaces y saltos de las rutas; si se considera como estado de cada ruta, su nodo y enlace más cargado y sus saltos; o, si se considera como estado de cada ruta un promedio del estado de sus nodos y enlaces más cargados y sus saltos.

6.4.3. Considerar la información general de todo el sistema

El Runtime coordinador recibe la información de los demás nodos que pueden operar cada uno con su propio conjunto de etiquetas lingüísticas. Esto ocasiona que el nodo central realice la traslación simbólica ascendente, convirtiendo toda la información recibida en su propio conjunto de etiquetas. Esto permite que el modelo pueda considerar toda esa información para tomar una decisión inteligente. Se deben determinar las prioridades nodales, prioridades de los enlaces y

números de saltos de cada ruta.

En primer término, se deben hallar las prioridades relacionadas a cada nodo, para ello se tendrá en cuenta la carga computacional de cada uno. Para obtener un indicador de la carga computacional actual de cada nodo, se pueden adoptar diferentes criterios (porcentaje de uso de la CPU, porcentaje de uso de la memoria y porcentaje de paquetes en el nodo). La carga computacional se puede clasificar en distintas categorías, por ejemplo, categoría Alta, Media y Baja. Además de la información de carga computacional, cada nodo proporciona información de preferencias, relacionadas con los paquetes que debe despachar. Los detalles de información de preferencias están relacionados con distintos criterios, que podrían variar en cada nodo, por ejemplo, criterios de preferencias que contemplan el número de paquetes en el nodo, porcentaje de memoria, porcentaje de memoria virtual, y prioridad promedio de paquetes. Se asigna una ponderación para cada uno de los criterios, que consiste en indicar qué tan importante es para el decisor el criterio en cuestión. Para ello se establecen los vectores de pesos para las distintas categorías de carga. Se debe hallar el producto escalar entre los valores de los criterios de preferencia y los vectores de pesos asociados a la carga computacional de cada nodo. El promedio de dicho resultado, constituye la prioridad de cada nodo.

En segundo término, se deben hallar las prioridades de los enlaces, para ello se tendrá en cuenta la carga actual de cada uno. Para obtener un indicador de esa carga, se pueden adoptar diferentes criterios (factor de velocidad de transmisión, el factor de confiabilidad y el factor de disponibilidad), que están relacionados con las características del enlace. La carga de enlace se puede clasificar en distintas categorías, por ejemplo, categoría Alta, Media y Baja. Se asigna una ponderación para cada uno de los criterios, que consiste en indicar qué tan importante es para el decisor el criterio en cuestión. Se asigna una ponderación para cada uno de los criterios. Para ello

se establecen los vectores de pesos para las distintas categorías de carga. Se debe hallar el producto escalar entre los valores de los criterios y los vectores de pesos asociado a la carga de cada enlace. El promedio de dicho resultado, constituye la prioridad de cada enlace.

En tercer término, se debe obtener el número de saltos, que representa el total de nodos intermedios y nodo final, desde el origen al destino de cada ruta, y se calcula como $1/N$. El número de enlaces de cada ruta equivale al número de nodos intermedios y nodo final, esto es representado con el valor N y se utiliza para calcular el número de saltos.

Obtenida la información relacionada con los nodos, enlaces y saltos, se calculan las prioridades relacionadas con las rutas.

Para el primer escenario, se considera como estado de cada ruta, el promedio del estado de sus nodos, enlaces y número de saltos. Para ello se deben sumar los valores del nodo destino e intermedios, los valores de sus enlaces, y el valor de sus saltos de cada ruta, dividiendo dicha sumatoria por el número de elementos que intervienen en el cálculo.

Para el segundo escenario, se considera como estado de cada ruta, el estado de su nodo y enlace más cargado y número de saltos. Para ello se deben sumar el valor del nodo más cargado, el valor del enlace más cargado, y el valor de sus saltos de cada ruta, dividiendo dicha sumatoria por el número de elementos que intervienen en el cálculo.

Para el tercer escenario, se considera como estado de cada ruta, un promedio (al menos 50%) de sus nodos y enlaces más cargados y número de saltos. Para ello se deben sumar los valores de al menos el 50% de sus nodos más cargados, al menos el 50% de sus enlaces más cargados y número de saltos de cada ruta, dividiendo dicha sumatoria por el número de elementos que intervienen en el cálculo.

De esta manera se constituyen las prioridades de todas las rutas requeridas por los paquetes.

Luego se determina la prioridad global final, se calcula las preferencias de los paquetes para acceder a las rutas disponibles. En esta etapa se consideran los pesos de los vectores de pesos de los paquetes y presenta una ponderación a cada ruta que es requerida por los mismos. Los requerimientos con baja prioridad, y por ende, no son atendidos, serán nuevamente considerados en la siguiente iteración del método. Las denominadas iteraciones que se abordan en este trabajo hacen referencia a la resolución de un procedimiento de asignación de paquetes a rutas como primer resultado. Cada repetición de ese proceso se denomina una “iteración”, y los resultados de una iteración se utilizan como punto de partida para la siguiente iteración. Al finalizar cada iteración, el sistema actualiza su estado en función de los paquetes que ya fueron despachados.

El promedio de los cálculos obtenidos con relación a la misma ruta, indica la prioridad que tiene dicha ruta para ser asignada, y constituye la función de asignación de rutas a paquetes de mayor prioridad. Esta asignación de rutas a paquetes se normaliza, y se ordena de mayor a menor para tener una lista ordenada para despechar los paquetes. Mientras existan paquetes que requieren ser despachados, el procedimiento se vuelve a iterar las veces necesarias.

La lista ordenada de las rondas de asignaciones se concatena y se procede a realizar la traslación simbólica descendente, para convertir la información procesada, al conjunto de etiquetas lingüísticas que opera cada nodo. Esto permite a los demás nodos utilizar la resolución del nodo central para despachar los paquetes por la mejor alternativa posible, con respecto a cada ruta.

6.3. Modelo de decisión propuesto

El modelo propuesto tiene el objetivo principal considerar la buena gestión del tráfico en redes de datos, despachando los paquetes por la mejor ruta disponible, seleccionando el método

de agregación más adecuado a cada escenario posible, para generar la secuencia de asignación de rutas a los paquetes que lo requieren.

El modelo considera la información proveniente de la red de datos, las prioridades nodales, enlaces y saltos de las rutas, el tipo de paquete, si los paquetes pertenecen a un grupo de paquetes o si es independiente, para producir una solución global satisfactoria. Este método evalúa esta información, para determinar cuál es el escenario según la carga de trabajo proporcionada, y en base a ello elige el operador de agregación correspondiente. Todos los valores se representan con etiquetas lingüísticas y 2-tuplas, cada nodo puede operar con su propio conjunto de etiquetas lingüísticas, y cuando brindan sus informaciones al nodo centra, éste último lo traslada a su propio conjunto de etiquetas.

En primer lugar, se debe determinar el propósito del problema e identificar las posibles soluciones, para ello, se recolecta la información global del sistema mediante la traslación simbólica ascendente, para que el Runtime central pueda operar con su propio conjunto de etiquetas lingüísticas. Se analizan los criterios de carga de los nodos y enlaces para determinar las prioridades de los mismos y los números de saltos de cada ruta. Se determinan las prioridades de las rutas según el escenario que se plantea, y estas prioridades se ponderan por los vectores de pesos de los paquetes para obtener las prioridades globales finales. La sumatoria de todas ellas en relación a la misma ruta, constituirá la función de asignación de rutas a paquetes, que posteriormente serán normalizadas y ordenadas para obtener una lista de asignación; si aún existen paquetes en el sistema se vuelve a iterar hasta atenderlos a todos. Finalmente se concatenan todas las listas para realizar la traslación simbólica descendente, con el fin de que los demás nodos ejecuten lo resuelto por el modelo de decisión, ver Fig. 4.

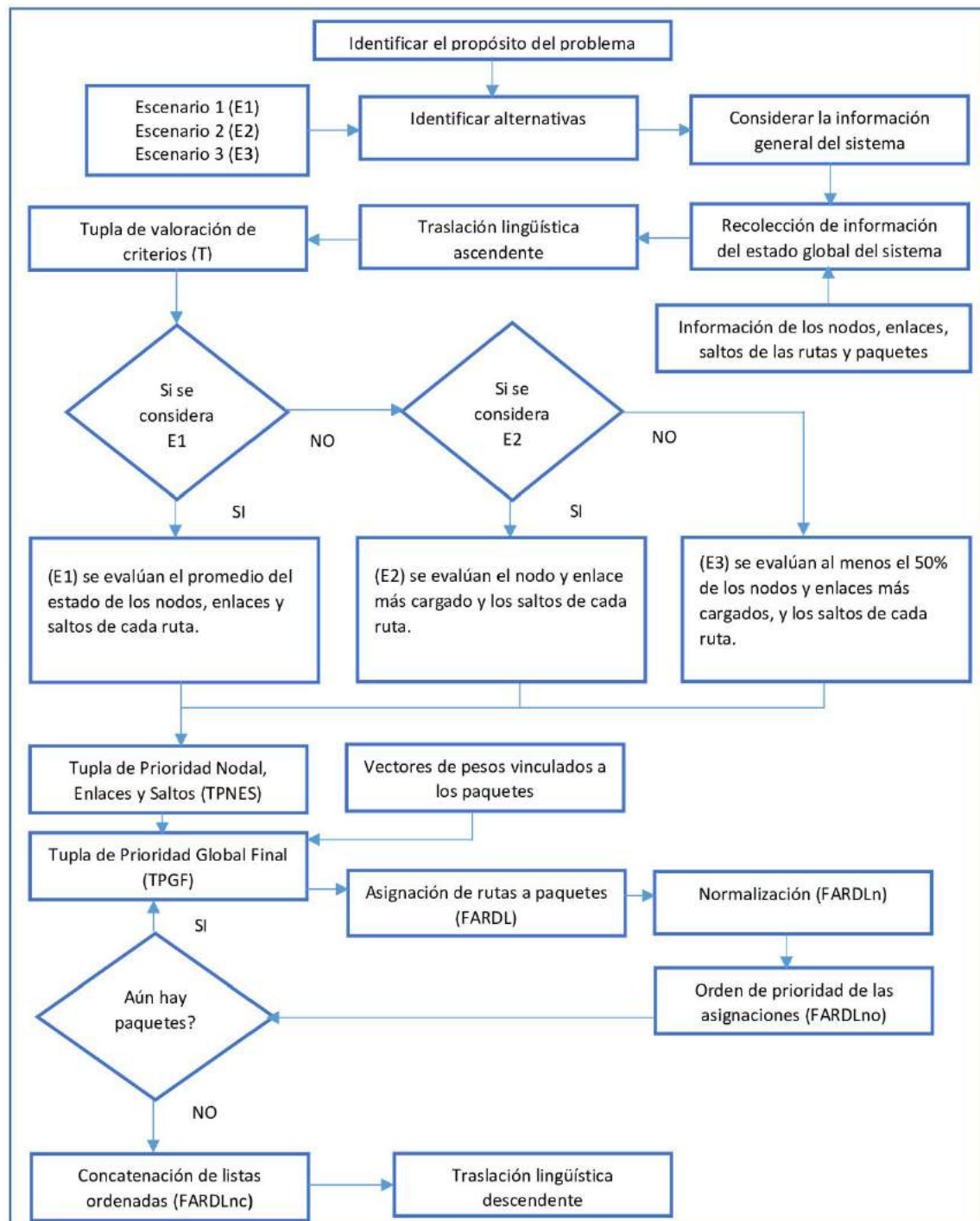


Fig. 4. Modelo de decisión propuesto para asignación de rutas a paquetes

Fuente: Elaboración propia

6.4. Consideraciones del modelo de decisión propuesto

A diferencia del modelo tradicional, este método incorpora un Runtime en la capa 3 del

modelo ISO/OSI, que permite gestionar el acceso a rutas para cada paquete. Además, hay un Runtime coordinador global en uno de los nodos, que ejecuta el modelo de decisión con su operador de agregación, de acuerdo al escenario correspondiente, ver Fig. 5.

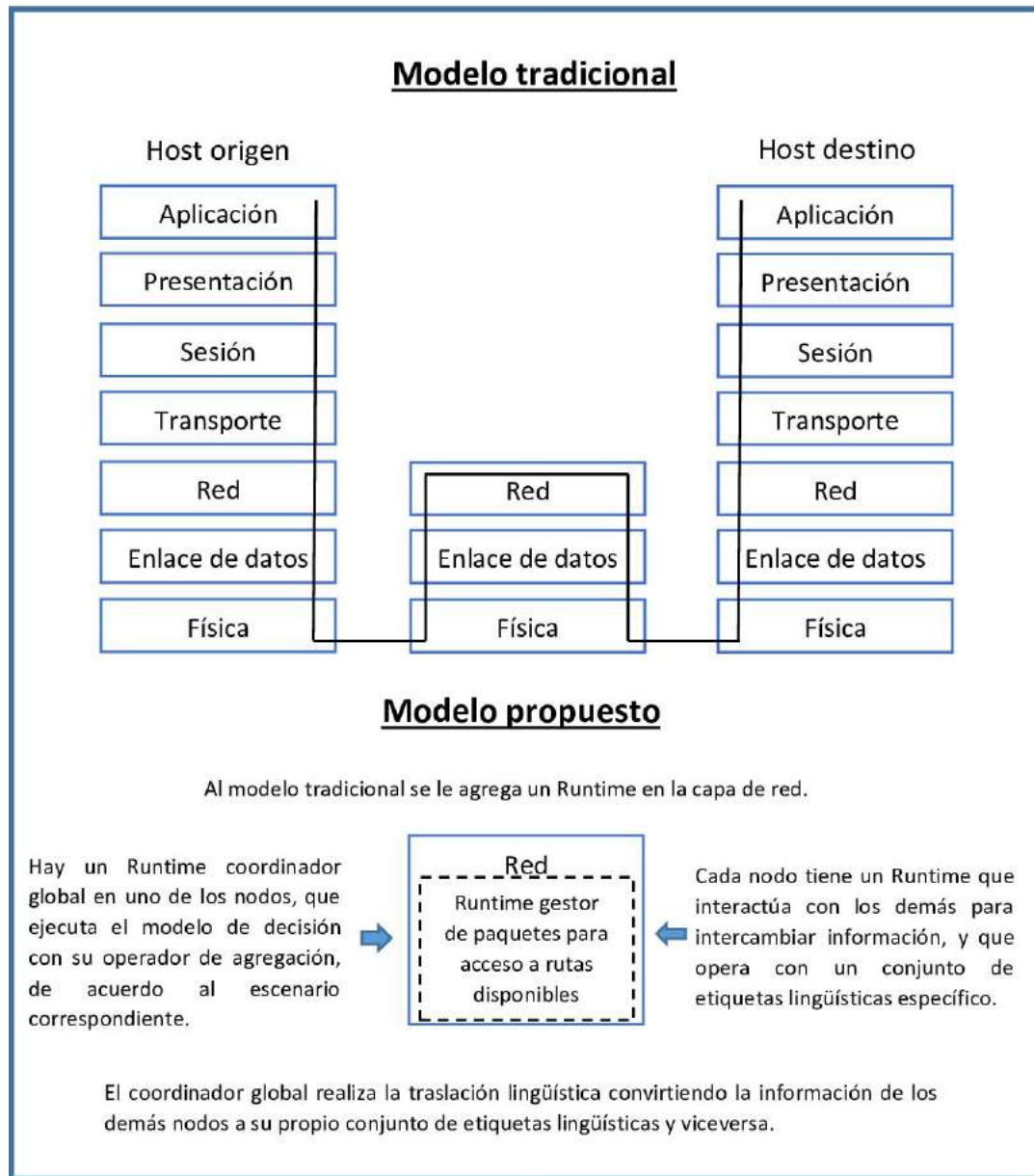


Fig. 5. Modelo tradicional y modelo propuesto

Fuente: Elaboración propia

6.5. Consideraciones acerca de las operaciones de agregación

En (Ríos & La Red Martinez, 2019a) y (J. T. Fornerón et al., 2020) las características de

las operaciones de agregación descritas permiten considerar que el método propuesto pertenece a la familia de operadores de agregación *Neat-OWA*, operadores que se caracterizan por lo siguiente:

La definición de los operadores *OWA* indica que $f(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot b_j$, donde b_j es el j -ésimo valor mayor de las a_n , con la restricción para los pesos de satisfacer (1) $w_i \in [0,1]$ y (2)

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1.$$

Para la familia de operadores *Neat OWA* los pesos serán calculados en función de los elementos que se agregan, o más exactamente de los valores a agregar ordenados, los b_j , manteniéndose las condiciones (1) y (2). En este caso los pesos son: $w_i = f_i(b_1, \dots, b_n)$, definiéndose el operador

$$F(a_1, \dots, a_n) = \sum_i f_i(b_1, \dots, b_n) \cdot b_i$$

Para esta familia, donde los pesos dependen de la agregación, no se exige la satisfacción de todas las propiedades de los operadores *OWA*.

Además, para poder afirmar que un operador de agregación es *neat*, es necesario que el valor final de agregación sea independiente del orden de los valores. Sea $A = (a_1, \dots, a_n)$ las estradas a agregar, sea $B = (b_1, \dots, b_n)$ las entradas ordenadas y $C = (c_1, \dots, c_n) = \text{Perm}(a_1, \dots, a_n)$ una permutación de las entradas. Formalmente se define un operador *OWA* como *neat* si

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot b_i$$

Produce el mismo resultado para cualquier asignación $C = B$.

6.6. Discusiones y comentarios

El modelo de decisión utiliza un operador de agregación para la gestión del tráfico en redes de datos, por medio del enrutamiento de paquetes a través de las rutas disponibles, estudiando diferentes alternativas y evaluando sus consecuencias. Se utiliza un Runtime que gestiona los paquetes, rutas posibles y define el escenario adecuado. Este modelo puede ser utilizado especialmente en aquellas situaciones en la que se requiere una decisión inteligente al momento de realizar el ruteo de los paquetes en las redes de datos.

Capítulo VII – Conclusiones y futuras líneas de investigación

7.1. Conclusiones

Capítulo I

En el capítulo I se ha hecho la descripción de antecedentes, el marco teórico, en el que se detallaron los principales aportes al conocimiento en las áreas relacionadas con la presente tesis (Lógica Difusa, Redes de Datos, Etiquetas Lingüísticas, Sistema de Soporte de decisión, etc.). Se han planteado las hipótesis, el objetivo general, los objetivos específicos, y se han descripto las estructuras de datos, los elementos que intervienen dentro del sistema, nodos, enlaces, paquetes y rutas. Se han contemplado situaciones en las que los paquetes sean despachados por la mejor ruta posible dependiendo del estado de los nodos, estado de los enlaces y número de saltos en base a criterios definidos para lograr el acceso. También se ha destacado la relevancia académica, social y científica que posee esta investigación. Para finalizar se ha planteado la estructura de la tesis.

Capítulo II

En el capítulo II se ha definido la premisa para el escenario general, determinando el operador de agregación que se utiliza en los escenarios propuestos en esta tesis. Se describió paso a paso el modelo de decisión, desde la traslación simbólica ascendente, las valoraciones de los criterios, las ponderaciones de los pesos de los paquetes, contemplando que en el escenario 1 los paquetes sean despachados por la mejor ruta disponible, considerando como estado de cada ruta el promedio del estado de sus nodos, enlaces y saltos, y así, obtener una lista ordenada y concatenada de las asignaciones, finalizando con la traslación simbólica descendente. En base a los cálculos realizados se observó que la mejor ruta disponible para cada paquete, fue la que obtuvo

la mayor prioridad con respecto a las distintas alternativas posibles, considerando las premisas para este escenario. Todos los valores se representaron en etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

Capítulo III

En el capítulo III se ha definido la hipótesis y objetivo planteado, presentando una variante en la decisión para el escenario 2, para que los paquetes sean despachados, considerando como estado de cada ruta, el estado de su nodo más cargado, enlace más cargado y número de saltos. Se destaca que esta variante opera con los mismos pasos descritos en el capítulo II, aplicando una modificación en el algoritmo de cálculo de prioridades de las rutas, considerando el estado de su nodo y enlace más cargado y valores de sus saltos. Se realizaron los cálculos considerando la variante mencionada y se pudo observar que en general, las asignaciones coinciden con el escenario 1, a excepción de una minoría, donde se presentaron cambios en el orden de asignación y cambios en las alternativas de rutas. En este escenario, del mismo modo que el escenario 1, se consideraron los resultados que obtuvieron mayores prioridades con respecto a las alternativas posibles, teniendo en cuenta como estado de cada ruta el promedio de su nodo y enlace más cargado y número de saltos. Todos los valores se representaron en etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

Capítulo IV

En el capítulo IV se ha definido la premisa para el escenario 3, presentando una variante en la toma de decisiones, en la cual se pretende que los paquetes sean despachados por la mejor ruta disponible, considerando como estado de cada ruta, un cierto promedio (al menos el 50%) del estado de sus nodos más cargados, un cierto promedio (al menos el 50%) de sus enlaces más cargados y números de saltos. Todos los valores se representaron en 2-tuplas y se aplican los mismos pasos descritos en el capítulo II, con una modificación en el algoritmo de cálculo para

determinar las prioridades de las rutas. Los resultados coincidieron en general con los escenarios anteriores, presentando muy pocas variaciones en el orden de asignación, y cambios de alternativas de rutas. Se obtuvo la lista ordenada de las asignaciones de mayor a menor prioridad, cumpliendo con la premisa del escenario 3, que tuvo como factor determinante, que los estados de las rutas, se consideren al menos el 50% de sus nodos y enlaces más cargados y sus números de saltos, para ser asignadas a los paquetes que las requieren.

Capítulo V

En este capítulo se ha presentado un método tradicional para despachar los paquetes por la ruta requerida más corta, contemplando los valores de los números de saltos, sin considerar el estado de los nodos y enlaces. Se ha realizado las comparaciones de los resultados obtenidos en los tres escenarios desarrollados con el método propuesto, y el método tradicional. Se observó que con el método propuesto, los resultados en su mayoría son similares, excepto unos pocos casos en donde se presentaron leves variaciones en el orden de asignación de ruta o en la alternativa. El método tradicional presentó varias diferencias en la asignación de alternativa de ruta, también en el orden de asignación, por tener en cuenta la ruta de menor salto, sin realizar una decisión inteligente para evitar la congestión en el tráfico de datos. Se comparó las prioridades de asignación de cada paquete en los distintos escenarios con respecto a los valores lingüísticos, considerando el conjunto de etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

Capítulo VI

Se ha definido el Modelo de Decisión, analizando sus características, describiendo las distintas etapas que lo componen. La identificación del propósito del problema, permitió definir los objetivos claramente e hizo posible determinar las distintas alternativas para cada paquete.

También se ha desarrollado un diagrama, donde se observa claramente la secuencia del modelo de decisión y cómo actúa según la elección del escenario más conveniente. Se ha comparado el modelo tradicional ISO/OSI con el modelo propuesto, y se ha destacado que en este último, se ha incorporado un Runtime de capa 3, para la toma de decisión inteligente al momento de despachar los paquetes, según el escenario correspondiente.

7.2. Futuras líneas de investigación

Se considera desarrollar el método propuesto, en esquema de circuitos virtuales, para la toma de decisión utilizando etiquetas lingüísticas y 2-tuplas.

Se prevé desarrollar un simulador en el que se consideren los distintos escenarios posibles para permitir al sistema predecir, comparar y optimizar el comportamiento de sus paquetes simulados en un tiempo muy breve sin el coste ni el riesgo de llevarlos a cabo, haciendo posible la representación de los paquetes, las rutas y los nodos en un modelo dinámico. Con la ayuda del correspondiente soporte informático, el modelo de simulación permitirá la capacidad de considerar complejas tareas interrelacionadas y proyectarlas mediante la realización de muchas combinaciones alternativas en cuestión de segundos. Además, la asignaciones de rutas a los paquetes, se traducirá en un gran número de escenarios y de posibles resultados imposibles de abarcar y valorar sin la ayuda de un modelo de simulación computarizado.

Considerar criterios de congestión de nodos o de rutas, mediante variables indicadoras del estado de congestión, para determinar si un nodo/enlace está muy congestionado, y evitar el tráfico por allí. Establecer mecanismos que permitan dar prioridad a los paquetes que están en la zona congestionada (en tránsito), para liberar el tráfico, y por otro lado aislar la zona congestionada.

Implementar mecanismos para la captura de eventos de seguridad sobre enlaces y nodos,

para determinar el nivel de seguridad de las rutas, considerando un caso de estudio que contemple la seguridad en redes. La seguridad de los datos es una cuestión muy importante en sistemas de computadoras interconectadas, que se encuentran presentes en las industrias, comercios, bancos, entre otros, que hoy día, estas entidades se encuentran supeditadas a un sistema de red para transacciones de negocios, accesos a documentos sustanciales, etc., por lo cual, considerar aspectos de seguridad, permite gestionar la información de manera exitosa, asegurando confiabilidad y disponibilidad.

Incorporar el estudio y análisis de riesgo de fallos en redes de datos utilizando redes bayesianas.

Referencias

- Agostini, F., La Red Martínez, D. L., & Acosta, J. C. (2020). Modeling of the consensus in the allocation of resources in distributed systems. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(12), 26–36. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.091204>
- Almotiri, S. H. (2021). Integrated fuzzy based computational mechanism for the selection of effective malicious traffic detection approach. *IEEE Access*, 9, 10751–10764. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050420>
- Amarante, M. (2018). Mm-OWA: A generalization of OWA Operators. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26(4). <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2017.2762637>
- Bai, W., Chen, K., Hu, S., Tan, K., & Xiong, Y. (2017). Congestion Control for High-speed Extremely Shallow-buffered Datacenter Networks Control for High-speed Extremely Shallow-buffered Data-center Networks. *APNet*, 17. <https://doi.org/10.1145/3106989.3107003>
- Ben-Arieh, D., & Chen, Z. (2006). Linguistic-labels aggregation and consensus measure for autocratic decision making using group recommendations. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, 36(3), 558–568. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2005.853488>
- Bertsekas, D., & Gallager, R. (2021). *Data Networks* (2nd Edition).
- Bringhenti, D., Marchetto, G., Sisto, R., Valenza, F., & Yusupov, J. (2019). Towards a fully automated and optimized network security functions orchestration. *2019 4th International Conference on Computing, Communications and Security, ICCCS 2019*. <https://doi.org/10.1109/CCCS.2019.8888130>
- Cabrerizo, F. (2008). *Nuevos modelos de toma de decisión en grupo con información lingüística*

difusa. Doctorado en Informática. Universidad de Granada.

Cao, Y. (2019). Bifurcations in an Internet congestion control system with distributed delay.

Applied Mathematics and Computation, 347, 54–63.

<https://doi.org/10.1016/j.amc.2018.10.093>

Chang, P.-T., & Hung, K.-C. (2005). ELSEVIER Applying the Fuzzy-Weighted-Average

Approach to Evaluate Network Security Systems. In *Computers and Mathematics with Applications* (Vol. 49).

Chao, X., Kou, G., & Peng, Y. (2016). An optimization model integrating different preference

formats. *2016 6th International Conference on Computers Communications and Control, ICCCC 2016*. <https://doi.org/10.1109/ICCCC.2016.7496765>

Chen, C. T. (2001). Applying linguistic decision-making method to deal with service quality

evaluation problems. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 9(SUPPL.), 103–114. <https://doi.org/10.1142/S0218488501001022>

Chiclana, F., Herrera-Viedma, E., Herrera, F., & Alonso, S. (2004). Induced Ordered Weighted

Geometric Operators and Their Use in the Aggregation of Multiplicative Preference Relations. *International Journal of Intelligent Systems*, 19(3).

<https://doi.org/10.1002/int.10172>

Chiclana, F., Herrera, F., & Herrera-Viedma, E. (2001). Integrating multiplicative preference

relations in a multipurpose decision-making model based on fuzzy preference relations.

Fuzzy Sets and Systems, 122(2). [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(00\)00004-X](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(00)00004-X)

Delgado, M., Herrera, F., Herrera-Viedma, E., & Martínez, L. (1998). Combining numerical and

linguistic information in group decision making. *Information Sciences*, 107(1–4), 177–194.

[https://doi.org/10.1016/S0020-0255\(97\)10044-5](https://doi.org/10.1016/S0020-0255(97)10044-5)

- Doña, J., Gil, A., La Red, D., & Peláez, J. (2011). A system based on the concept of linguistic majority for the companies valuation. *EconoQuantum*, 8(1–2), 121–142.
- Dong, Y., Li, C. C., & Herrera, F. (2016a). Connecting the linguistic hierarchy and the numerical scale for the 2-tuple linguistic model and its use to deal with hesitant unbalanced linguistic information. *Information Sciences*, 367–368, 259–278.
<https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.06.003>
- Dong, Y., Zhang, H., & Herrera-Viedma, E. (2016b). Consensus reaching model in the complex and dynamic MAGDM problem. *Knowledge-Based Systems*, 106.
<https://doi.org/10.1016/j.knosys.2016.05.046>
- Dutta, B., Labella, Á., Rodríguez, R. M., & Martínez, L. (2019). Aggregating interrelated attributes in multi-attribute decision-making with ELICIT information based on bonferroni mean and its variants. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 12(2).
<https://doi.org/10.2991/ijcis.d.190930.002>
- Floyd, S., & Fall, K. (1999). Promoting the use of end-to-end congestion control in the Internet. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 7(4). <https://doi.org/10.1109/90.793002>
- Fodor, J., & Roubens, M. (1994). Fuzzy Preference Modelling and Multicriteria Decision Support. In *Fuzzy Preference Modelling and Multicriteria Decision Support*.
<https://doi.org/10.1007/978-94-017-1648-2>
- Fornerón, J., Agostini, F., & La Red Martinez, D. (2020a). Gestión de procesos basado en lógica difusa con estrictos niveles de consenso. *International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC)*, 7, 51–77.
- Fornerón, J. T., Acosta, J. C., & Agostini, F. (2020b). *Gestión de Recursos y Procesos con un Modelo de Decisión basado en Lógica Difusa*. Universidad Nacional de Pilar.

- Fornerón, J. T., Agostini, F., & La Red Martinez, D. L. (2021). Modelo de Decisión para Gestión de Procesos y Recursos en Sistemas Distribuidos con Balanceo de Carga de Trabajo. *Journal of Information Systems and Technologies (RISTI)*, 353–366.
- Fullér, R. (1996). OWA operators in decision making. *Exploring the Limits of Support Systems, TUCS General Publications*, 3, 85–104.
- Gaertner, W. (2009). A Primer in Social Choice Theory : Revised Edition: Revised Edition. In *Journal of Experimental Psychology: General* (Vol. 136, Issue 1).
- Haro, P. (2021). *Técnicas de seguridad en redes de comunicaciones aplicadas a la custodia de evidencia digital*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Herrera-Viedma, E., Martínez, L., Mata, F., & Chiclana, F. (2005). A consensus support system model for group decision-making problems with multigranular linguistic preference relations. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 13(5), 644–658.
<https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2005.856561>
- Herrera, F., & Herrera-Viedma, E. (2000). Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information. *Fuzzy Sets and Systems*, 115(1), 67–82.
[https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(99\)00024-X](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(99)00024-X)
- Herrera, F., Herrera-Viedma, E., & Verdegay, J. L. (1996). A model of consensus in group decision making under linguistic assessments. *Fuzzy Sets and Systems*, 78(1), 73–87.
[https://doi.org/10.1016/0165-0114\(95\)00107-7](https://doi.org/10.1016/0165-0114(95)00107-7)
- Herrera, F., & Martinez, L. (2000). An approach for combining linguistic and numerical information based on the 2-tuple fuzzy linguistic representation model in decision-making. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 8(5), 539–562. <https://doi.org/10.1142/S0218488500000381>

- Huang, S., Dong, D., & Bai, W. (2018). Congestion control in high-speed lossless data center networks: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 89, 360–374.
<https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.036>
- Jiménez, G. E., & Zulueta, Y. (2017). Un modelo de toma de decisión multiperíodo basado en 2-tupla lingüística para la selección dinámica de proveedores verdes. *DYNA (Colombia)*, 84(202). <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n202.58032>
- Khyavi, M. H., & Rahimi, M. (2016). Conceptual model for security in next generation network. *Proceedings - IEEE 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, WAINA 2016*, 591–595.
<https://doi.org/10.1109/WAINA.2016.12>
- Kim, G., Kim, C., Jeong, J., Parker, M., & Kim, J. (2016). Contention-based congestion management in large-scale networks. *Proceedings of the Annual International Symposium on Microarchitecture, MICRO, 2016-December*.
<https://doi.org/10.1109/MICRO.2016.7783733>
- Kumar, A., Srinivas, P. V. S., & Govardhan, A. (2018). A Review on Congestion Control Approaches for Real-Time Streaming Application in the Internet. *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 16(4), 23–28.
- Kumar, A., Srinivas, P. V. S., & Govardhan, A. (2020). A Multipath Packet Scheduling Approach based on Buffer Acknowledgement for Congestion Control. *Procedia Computer Science*, 171, 2137–2146. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.231>
- La Red Martinez, D. L., & Acosta, J. C. (2014). Perspectives of New Decision Making Models of Processes Synchronization in Distributed Systems. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT & INFORMATION TECHNOLOGY*, 9(1), 1504–1512.

<https://doi.org/10.24297/ijmit.v9i1.671>

La Red Martinez, D. L., & Acosta, J. C. (2015). Review of Modeling Preferences for Decision Models. *European Scientific Journal*, 11(36), 1–19.

La Red Martínez, D. L., Doña, J. M., Peláez, J. I., & Fernández, E. B. (2011). WKC-OWA, a new neat-OWA operator to aggregate information in democratic decision problems. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 19(5).

<https://doi.org/10.1142/S0218488511007222>

Londoño, V., Merchán, T., & Cely, P. (2019). Importance of Memory as Digital Evidence in Forensic Computing. *Industry, Innovation, And Infrastructure for Sustainable Cities and Communities*, 24–26. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.477>

Lu, J., Zhang, G., Ruan, D., & Wu, F. (2007). Preface to Multi-Objective Group Decision-Making: Methods, Software and Applications with Fuzzy Set Techniques. *World Scientific Publishing*, 6.

Madan, B. B., Goševa-Popstojanova, K., Vaidyanathan, K., & Trivedi, K. S. (2004). A method for modeling and quantifying the security attributes of intrusion tolerant systems. *Performance Evaluation*, 56(1–4), 167–186. <https://doi.org/10.1016/j.peva.2003.07.008>

Martinez, L., Liu, J., & Yang, J. B. (2006). A fuzzy model for design evaluation based on multiple criteria analysis in engineering systems. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14(3).

<https://doi.org/10.1142/S0218488506004035>

Mehrnoosh, S., & Ghaderi, J. (2017). A Simple Congestion-Aware Algorithm for Load Balancing in Datacenter Networks. <https://doi.org/10.1109/TNET.2017.2751251>

Muhammad, Z., A.Khan, S., Cheema, A. R., & Ahmed, A. (2008). Adding security against

- packet dropping attack in mobile ad hoc networks. *Proceedings - 2008 International Seminar on Future Information Technology and Management Engineering, FITME 2008*, 568–572. <https://doi.org/10.1109/FITME.2008.159>
- Pasi, G., & Yager, R. R. (2003). Modeling the concept of fuzzy majority opinion. *Lecture Notes in Artificial Intelligence (Subseries of Lecture Notes in Computer Science)*, 2715. https://doi.org/10.1007/3-540-44967-1_16
- Peláez, J., & Doña, J. M. (2003). Majority additive-ordered weighting averaging: A new neat ordered weighting averaging operator based on the majority process. *International Journal of Intelligent Systems*, 18(4). <https://doi.org/10.1002/int.10096>
- Peláez, J. I., & Doña, J. M. (2006). A majority model in group decision making using QMA-OWA operators. *International Journal of Intelligent Systems*, 21(2), 193–208. <https://doi.org/10.1002/int.20127>
- Peláez, J. I., Doña, J. M., & Gómez-Ruiz, J. A. (2007). Analysis of OWA operators in decision making for modelling the majority concept. *Applied Mathematics and Computation*, 186(2). <https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.07.161>
- Poltavtseva, M. A., Zegzhda, P. D., & Pankov, I. D. (2018). The Hierarchial Data Aggregation Method in Backbone Traffic Streaming Analyzing to Ensure Digital Systems Information Security. *Proceedings of 2018 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development"*, MLSD 2018. <https://doi.org/10.1109/MLSD.2018.8551916>
- Ramaswamy, R. (1990). Traffic flow confidentiality security service in OSI computer network architecture. *1990 IEEE Region 10 Conference on Computer and Communication Systems*. <https://doi.org/10.1109/tencon.1990.152690>

- Ríos, D. A., & La Red Martinez, D. L. (2019a). *Nuevo modelo de decisión para gestión de tráfico en redes*. Tesis de Maestría en Sistemas y Redes de Telecomunicaciones. Universidad Nacional del Nordeste.
- Ríos, D. A., & La Red Martínez, D. L. (2018). Nuevo Modelo de Decisión para Gestión de Tráfico en Redes. In *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación* (pp. 109–113).
- Ríos, D. A., & La Red Martínez, D. L. (2019b). *Software Educativo: Seguridad en redes wifi. La problemática en redes wifi*. Editorial Académica Española.
- Srikanth, A., Varalakshmi, P., Somasundaram, V., & Ravichandiran, P. (2018). Congestion Control Mechanism in Software Defined Networking by Traffic Rerouting. *Proceedings of the 2nd International Conference on Computing Methodologies and Communication, ICCMC 2018*, 55–58. <https://doi.org/10.1109/ICCMC.2018.8488041>
- Su, L., Yao, Y., Li, N., Liu, J., Lu, Z., & Liu, B. (2018). Hierarchical Clustering Based Network Traffic Data Reduction for Improving Suspicious Flow Detection. *Proceedings - 17th IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications and 12th IEEE International Conference on Big Data Science and Engineering, Trustcom/BigDataSE 2018*, 744–753. <https://doi.org/10.1109/TrustCom/BigDataSE.2018.00108>
- Tague, P., Slater, D., Rogers, J., & Poovendran, R. (2009). Evaluating the vulnerability of network traffic using joint security and routing analysis. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 6(2), 111–123. <https://doi.org/10.1109/TDSC.2008.60>
- Uzunov, A. V., Fernandez, E. B., & Falkner, K. (2015a). Security solution frames and security patterns for authorization in distributed, collaborative systems. *Computers and Security*, 55.

- <https://doi.org/10.1016/j.cose.2015.08.003>
- Uzunov, A. V., Fernandez, E. B., & Falkner, K. (2015b). ASE: A comprehensive pattern-driven security methodology for distributed systems. *Computer Standards and Interfaces*, 41, 112–137. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2015.02.011>
- Ward, R., & Skeffington, P. (1990). Network management security. *Proceedings - Annual Computer Security Applications Conference, ACSAC, 1990-December*, 173–180. <https://doi.org/10.1109/CSAC.1990.143766>
- Wei, G. W. (2011). Some harmonic aggregation operators with 2-tuple linguistic assessment information and their application to multiple attribute group decision making. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 19(6), 977–998. <https://doi.org/10.1142/S0218488511007428>
- Wen, T. C., Chang, K. H., & Lai, H. H. (2020). Integrating the 2-tuple linguistic representation and soft set to solve supplier selection problems with incomplete information. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 87, 103248. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.103248>
- Yager, R. R. (1988). On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multicriteria Decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 18(1), 183–190. <https://doi.org/10.1109/21.87068>
- Yager, R. R. (1993). Families of OWA operators. *Fuzzy Sets and Systems*, 59(2), 125–148. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(93\)90194-M](https://doi.org/10.1016/0165-0114(93)90194-M)
- Yager, R. R., & Kacprzyk, J. (1997). The ordered weighted averaging operators: Theory and applications. In *Boston Kluwer*.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3). <https://doi.org/10.1016/S0019->

9958(65)90241-X

Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-III. *Information Sciences*, 9(1), 43–80. [https://doi.org/10.1016/0020-](https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90017-1)

0255(75)90017-1

Zadeh, Lotfi A. (1996). Fuzzy logic = computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 4(2), 103–111. <https://doi.org/10.1109/91.493904>

Zhang, S. (2011). A model for evaluating computer network security systems with 2-tuple linguistic information. *Computers and Mathematics with Applications*, 62(4).

<https://doi.org/10.1016/j.camwa.2011.06.035>

Zhang, W., & Xu, C. (2012). Detection and control of anomaly network data flows. *Proceedings - 2012 International Conference on Computer Science and Service System, CSSS 2012*,

597–600. <https://doi.org/10.1109/CSSS.2012.154>

Apéndice de publicaciones

1. Silva, C., Agostini, F., La Red Martínez, D. (2021). Gestión del Tráfico en Redes de Datos utilizando Etiquetas Lingüísticas y 2-Tuplas. 9no. *Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información* (CONAIISI).(PUBLICADO)