



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – TRANSPORTES

ESTIMACIÓN DEL MERCADO POTENCIAL DEL CABOTAJE EN MÉXICO MEDIANTE UN
MODELO DE ARBITRAJE CABOTAJE – TRANSPORTE TERRESTRE.

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ING. DELIA ELSA RODRÍGUEZ ISLAS

TUTOR:
DR. LAURENT YVES GEORGES DARTOIS GIRALD
FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. NOVIEMBRE 2014

JURADO ASIGNADO

Presidente: Dr. Acosta Flores José Jesús

Secretario: Dr. Aceves García Ricardo

Vocal: Dr. Dartois GiralD Laurent Yves Georges

1^{er}. Suplente: M. I. Rivera Colmenero José Antonio

2^{d o}. Suplente: M.C. Del Moral Dávila Manuel

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Universidad Nacional Autónoma de México
Círculo Exterior, Ciudad Universitaria
México, D.F.

TUTOR DE TESIS:

DR. DARTOIS GIRALD LAURENT YVES GEORGES

FIRMA

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mis padres Evangelina Islas López y Salvador Rodríguez López, por su gran motivación, apoyo, consejos y orientación.

A José Gabiel Lara Paredes, por su apoyo y confianza.

A mis familiares y amigos.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

A mi Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme trabajar con un gran acervo científico, técnico, cultural y humano.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme una beca.

A mi director de tesis Dr. Laurent Yves Georges Dartois Giral, por compartir su conocimiento, experiencia y tiempo para la realización de esta tesis.

A mis profesores e integrantes del jurado de examen Dr. José Jesús Acosta Flores, Dr. Ricardo Aceves García, M. I. José Antonio Rivera Colmenero, M.C. Manuel Del Moral Dávila, por formar parte de mi formación académica y brindarme su valioso conocimiento.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1-1
1.1 OBJETIVO	1-1
2. ANTECEDENTES	2-2
2.1 CABOTAJE	2-2
2.2 CABOTAJE EN EL MUNDO	2-3
2.2.1 <i>Revisión de los alcances de algunos estudios previos en el mundo.</i>	2-3
2.3 CABOTAJE EN MÉXICO.....	2-5
3. ESTADO DEL ARTE.....	3-10
3.1 INTRODUCCIÓN	3-10
3.2 METODOLOGÍAS.....	3-10
3.2.1 Modelo de Fratar	3-11
3.2.2 Modelo de Furness.....	3-12
3.2.3 Modelo Gravitacional.....	3-12
3.2.4 Discusión.....	3-13
3.3 ESCENARIOS DE EVOLUCIÓN.....	3-13
3.3.1 Económicos.....	3-15
3.3.2 Heurísticos	3-15
3.3.3 Prospectivos.....	3-16
3.4 MODELOS DE ASIGNACIÓN.....	3-21
3.4.1 Método Dual – Simplex	3-21
4. PROPUESTA METODOLÓGICA.....	4-24
4.1 ANÁLISIS O – D.....	4-24
4.1.1 Definición de área geográfica.....	4-24
4.1.2 Flujo O-D por sentido	4-25
4.1.3 Mercancías por familias logísticas.....	4-27
4.1.4 Ordenamiento de información por O – D.....	4-30
4.2 RED DE TRANSPORTE O – D	4-42
4.3 COSTOS DE TRANSPORTE	4-49
4.3.1 Costos de autotransporte	4-49
4.3.2 Costos de transporte por ferrocarril	4-50
4.3.3 Costos de transporte por cabotaje.....	4-60
4.4 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA.....	4-63
4.5 MÉTODO DE ARBITRAJE: CABOTAJE, AUTOTRANSPORTE Y FERROCARRIL.....	4-85
4.6 RESULTADOS.....	4-91

5. CONCLUSIONES.....	5-93
6. BIBLIOGRAFÍA.....	6-94
7. ANEXOS	7-97
<i>ANEXO 1. IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE MÉXICO VÍA MARÍTIMA DENTRO DEL OCÉANO PACÍFICO.....</i>	<i>7-97</i>
<i>ANEXO 2. IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE MÉXICO VÍA MARÍTIMA DENTRO DEL OCÉANO ATLÁNTICO.</i>	<i>7-101</i>
<i>ANEXO 3. ORDENAMIENTO DE INFORMACIÓN POR O – D, GOLFO DE MÉXICO.....</i>	<i>7-104</i>
<i>ANEXO 4. ACTUALIZACIÓN DE COSTOS.....</i>	<i>7-106</i>
7.1 COSTOS DE AUTOTRANSPORTE.....	7-106
7.1.1 Camión articulado (T3-S2)	7-106
7.1.2 Camión articulado (T3-S2-R4).....	7-109
7.1.3 Camión de tres ejes (C3).....	7-112
7.2 COSTOS FERROVIARIOS.....	7-115
7.3 COSTOS DE CABOTAJE	7-132
<i>ANEXO 5. MATRICES ORIGEN – DESTINO.....</i>	<i>7-136</i>
7.4 TRANSPORTE FERROVIARIO	7-136
7.5 TRANSPORTE MARÍTIMO	7-137
7.6 AUTOTRANSPORTE.....	7-138
<i>ANEXO 6. EJEMPLO DE ILUSTRACIÓN PARA LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE MICMAC.....</i>	<i>7-139</i>

FIGURAS

Figura 2.1: Red carretera 1930.....	2-6
Figura 2.2: Red carretera 2011.....	2-6
Figura 2.3: Puertos existentes en la actualidad.....	2-7
Figura 3.1: Gráfico de influencia vs dependencia.....	3-20
Figura 4.1: Mapa de la República Mexicana, ubicación de Golfo de México y Océano Pacífico.....	4-24
Figura 4.2: Carretera federal principal y autopista.....	4-42
Figura 4.3: Corredores del sistema carretero nacional.....	4-43
Figura 4.4: Autotransporte, nodos virtuales.....	4-44
Figura 4.5: Red ferroviaria y puertos marítimos de México.....	4-45
Figura 4.6: Ferrocarril - nodos virtuales.....	4-46
Figura 4.7: Flujo de sur a norte por familia logística.....	4-47
Figura 4.8: Flujo de norte a sur por familia logística.....	4-47
Figura 4.9: Flujo por el Canal de Panamá por familia logística.....	4-48
Figura 4.10: Barco dedicado al cabotaje portacontenedores.....	4-61
Figura 4.11: Escenario mediante el método Delphi.....	4-64
Figura 4.12: Escenario utilizando Análisis Estructural.....	4-65
Figura 4.13: Plano de influencia/dependencia directa. Variables básicas.....	4-67
Figura 4.14: Plano de influencia/dependencia indirecta. Variables básicas.....	4-68
Figura 4.15: Plano de desplazamiento de variables. Variables básicas.....	4-69
Figura 4.16: Plano de influencia/dependencia directa. Incluyendo autotransporte.....	4-71
Figura 4.17: Plano de influencia/dependencia indirecta. Incluyendo autotransporte.....	4-72
Figura 4.18: Plano de desplazamiento de variables. Incluyendo autotransporte.....	4-73
Figura 4.19: Salina Cruz – Manzanillo, competencia multimodal ferrocarril – cabotaje.....	4-80
Figura 4.20: Salina Cruz – Guaymas, competencia multimodal ferrocarril – cabotaje.....	4-81
Figura 4.21: Salina Cruz – Manzanillo y Salina Cruz – Guaymas, competencia multimodal ferrocarril – cabotaje.....	4-81
Figura 4.22: Salina Cruz – Manzanillo, competencia multimodal autotransporte – cabotaje.....	4-82
Figura 4.23: Salina Cruz – Guaymas, competencia multimodal autotransporte – cabotaje.....	4-83
Figura 4.24: Salina Cruz – Manzanillo y Salina Cruz – Guaymas, competencia multimodal autotransporte – cabotaje.....	4-83
Figura 4.25: Relación entre costos por modo de transporte y distancia, valores actualizados a 2013.....	4-92
Figura 7.1: Software MICMAC, crear nuevo archivo.....	7-140

Figura 7.2: Software MICMAC, Agregar lista de variables	7-141
Figura 7.3: Software MICMAC, agregar variables	7-141
Figura 7.4: Software MICMAC, lista de variables registradas	7-142
Figura 7.5: Software MICMAC, matriz de influencias directas	7-142
Figura 7.6: Software MICMAC, plano de influencia/dependencia directa	7-143
Figura 7.7: Software MICMAC, plano de influencia/dependencia indirecta	7-143
Figura 7.8: Software MICMAC, plano de desplazamientos	7-144

TABLAS

Tabla 2-1. Evolución del tráfico doméstico de carga, sin ductos, por modo de transporte (en millones de toneladas). IMT 2012.	2-9
Tabla 2-2. Distribución modal de la carga total (doméstica y comercio exterior). 2013.	2-9
Tabla 3-1. Recopilación de metodologías para la construcción de escenarios.	3-14
Tabla 3-2. Descripción de técnicas para la creación de escenarios prospectivos.	3-17
Tabla 3-3. Matriz de análisis estructural.	3-19
Tabla 3-4. Tabla primal – dual para programación lineal.	3-22
Tabla 4-1. Puertos marítimos de cabotaje en México.	4-25
Tabla 4-2. Carga nacional de cabotaje 2011 en el Océano Pacífico, toneladas por sentido. 4-26	26
Tabla 4-3. Carga nacional de cabotaje 2011 en el Golfo de México, toneladas por sentido. 4-27	27
Tabla 4-4. Familias logísticas.	4-27
Tabla 4-5. Carga Nacional 2011 en el Océano Pacífico, toneladas por familia logística por sentido.	4-29
Tabla 4-6. Carga Nacional 2011 en el Golfo de México, toneladas por familia logística por sentido.	4-29
Tabla 4-7. Familias logísticas por flujos y tipo de comercio.	4-30
Tabla 4-8. Matriz Origen-Destino de cabotaje general suelta, en el Océano Pacífico con sentido: sur a norte.	4-38
Tabla 4-9. Matriz Origen-Destino de cabotaje granel mineral, en el Océano Pacífico con sentido: sur a norte.	4-39
Tabla 4-10. Matriz Origen-Destino de cabotaje petróleo y derivados, en el Océano Pacífico con sentido: sur a norte.	4-39
Tabla 4-11. Matriz Origen-Destino de cabotaje general suelta, en el Océano Pacífico con sentido: norte a sur.	4-40
Tabla 4-12. Matriz Origen-Destino de cabotaje granel agrícola, en el Océano Pacífico con sentido: norte a sur.	4-40
Tabla 4-13. Matriz Origen-Destino de cabotaje granel mineral, en el Océano Pacífico con sentido: norte a sur.	4-40
Tabla 4-14. Matriz Origen-Destino de cabotaje petróleo y derivados, en el Océano Pacífico con sentido: norte a sur.	4-41
Tabla 4-15. Matriz Origen-Destino de cabotaje, carga granel mineral, con sentido: sur a norte, Golfo de México – Océano Pacífico, atravesando el Canal de Panamá.	4-41
Tabla 4-16. Matriz Origen-Destino de cabotaje, carga granel agrícola, con sentido: norte a sur, Océano Pacífico – Golfo de México, atravesando el Canal de Panamá.	4-41
Tabla 4-17. Tarifas del autotransporte en México (Valores actualizados a febrero 2013). 4-50	4-50
Tabla 4-18. Edad promedio y modelo de la flota de locomotoras de Ferromex.	4-51

Tabla 4-19. Costos unitarios de consumo de combustible por tipo de tren (\$MXN finales 2011)	4-51
Tabla 4-20. Precio de diésel y porcentaje de ajuste por combustible (\$MXN finales 2011) ..	4-52
Tabla 4-21. Costos anuales de mantenimiento de locomotoras (MXN\$, 2011)	4-54
Tabla 4-22. Costos unitarios de mantenimiento de locomotoras (MXN\$, 2011)	4-54
Tabla 4-23. Costos unitarios de mantenimiento de carros (MXN\$, 2011).....	4-55
Tabla 4-24. Costos unitarios de lubricantes (MXN\$, 2011)	4-55
Tabla 4-25. Costos unitarios honorarios tripulación (MXN\$, 2011)	4-56
Tabla 4-26. Costos unitarios honorarios personal de operación (MXN\$, 2011).....	4-56
Tabla 4-27. Costos unitarios depreciación carros (MXN\$, 2011)	4-57
Tabla 4-28. Costos unitarios depreciación locomotoras (MXN\$, 2011)	4-57
Tabla 4-29. Costos gestión y administración (MXN\$, 2011)	4-58
Tabla 4-30. Otros gastos de operación (MXN\$, 2011)	4-58
Tabla 4-31. Resumen costo (MXN\$ / Ton-km) unitario operación ferrocarril, (Valores finales 2011)	4-59
Tabla 4-32. Composición costo unitario operación ferrocarril (%).....	4-59
Tabla 4-33. Comparativa ferrocarril con autotransporte, costos por kilómetro – tonelada transportada (Valores diciembre 2013).....	4-60
Tabla 4-34. Características de tipos de barcos portacontenedores	4-61
Tabla 4-35. Capacidad de carga de tipos de barcos portacontenedores	4-62
Tabla 4-36. Tiempos para transporte marítimo, carga y descarga.....	4-62
Tabla 4-37. Costos de Puerto Progreso en pesos mexicanos, (Valores actualizados a Diciembre 2013).....	4-62
Tabla 4-38. Costos de transporte marítimo por kilómetro – tonelada transportada, en pesos mexicanos, (Valores actualizados a Diciembre 2013).....	4-63
Tabla 4-39. Matriz de influencias directas (MID). Variables básicas.	4-66
Tabla 4-40. Matriz de influencias directas (MID). Incluyendo autotransporte.	4-70
Tabla 4-41. Serie histórica para cabotaje, entrada litoral del Océano Pacífico.	4-76
Tabla 4-42. Cabotaje Océano Pacífico por sentido y familia logística, 2011.	4-79
Tabla 4-43. Posible competencia en destinos como Manzanillo y Guaymas.....	4-79
Tabla 4-44. Tabla de distancias de los diferentes medios de transporte, km.	4-79
Tabla 4-45. Tabla de distancias de los diferentes medios de transporte y opciones multimodal, km.	4-83
Tabla 4-46. Costos de mercancía transportada por los diferentes medios de transporte, caso Salina Cruz – Manzanillo, (\$MXN/tonelada, 2013).	4-84
Tabla 4-47. Costos de mercancía transportada por medios de opciones multimodal, caso Salina Cruz – Manzanillo, (\$MXN/tonelada, 2013).	4-84

Tabla 4-48. Costos de mercancía transportada por diferentes medios de, caso Salina Cruz – Guaymas, (\$MXN/tonelada, 2013).	4-84
Tabla 4-49. Costos de mercancía transportada por medios de opciones multimodal, caso Salina Cruz – Guaymas, (\$MXN/tonelada, 2013).	4-85
Tabla 4-50. Tabla simplex inicial, ejemplo	4-89
Tabla 4-51. Tabla simplex inicial, ejemplo	4-90
Tabla 4-52. Tabla simplex inicial, iteración 1	4-91
Tabla 4-53. Alternativas.	4-92
Tabla 7-1. Importaciones por continente, que se mueven en el Océano Pacífico. 2011. ...	7-97
Tabla 7-2. Importaciones, que viajan por el Océano Pacífico, de los principales países de América. 2011.	7-97
Tabla 7-3. Toneladas recibidas por puerto y continente de origen. 2011	7-97
Tabla 7-4. Exportaciones, por continente, que se mueven en el Océano Pacífico. 2011. .	7-99
Tabla 7-5. Exportaciones, que se mueven en el Océano Pacífico, de los principales destinos del continente asiático. 2011.	7-99
Tabla 7-6. Toneladas exportadas por puerto y continente de destino. 2011.	7-100
Tabla 7-7. Importaciones por continente, que se mueven en el Océano Atlántico. 2011.	7-101
Tabla 7-8. Importaciones, que viajan por el Océano Atlántico, de los principales países de América. 2011.	7-101
Tabla 7-9. Toneladas recibidas por puerto y continente de origen. 2011	7-102
Tabla 7-10. Exportaciones, por continente, que se mueven en el Océano Pacífico. 2011.	7-103
Tabla 7-11. Exportaciones, que se mueven en el Océano Atlántico, de los principales destinos del continente americano. 2011.	7-103
Tabla 7-12. Toneladas exportadas por puerto y continente de destino. 2011.	7-104
Tabla 7-13. Matriz Origen-Destino de cabotaje General suelta, en el Golfo de México con sentido: este a oeste.	7-104
Tabla 7-14. Matriz Origen-Destino de cabotaje granel mineral, en el Golfo de México con sentido: este a oeste.	7-105
Tabla 7-15. Matriz Origen-Destino de cabotaje petróleo y derivados, en el Golfo de México con sentido: este a oeste.	7-105
Tabla 7-16. Matriz Origen-Destino de cabotaje general suelta, en el Golfo de México con sentido: oeste a este.	7-105
Tabla 7-17. Matriz Origen-Destino de cabotaje granel mineral, en el Golfo de México con sentido: oeste a este.	7-105
Tabla 7-18. Matriz Origen-Destino de cabotaje petróleo y derivados, en el Golfo de México con sentido: oeste a este.	7-106
Tabla 7-19. Características de la carretera.....	7-106
Tabla 7-20. Características del vehículo (T3-S2)	7-107
Tabla 7-21. Características de los neumáticos (T3-S2)	7-107

Tabla 7-22. Datos sobre la utilización del vehículo (T3-S2)	7-107
Tabla 7-23. Costos unitarios en pesos, precios 2012 (T3-S2)	7-107
Tabla 7-24. Coeficientes adicionales (T3-S2).....	7-108
Tabla 7-25. Consumo por cada 1,000 veh-km.....	7-108
Tabla 7-26. Costos unitarios en pesos, precios 2012.....	7-109
Tabla 7-27. Costos de operación base (pesos, por veh-km) \$12.46.....	7-109
Tabla 7-28. Características de la carretera.....	7-109
Tabla 7-29. Características del vehículo (T3-S2-R4)	7-110
Tabla 7-30. Características de los neumáticos (T3-S2-R4).....	7-110
Tabla 7-31. Datos sobre la utilización del vehículo (T3-S2-R4)	7-110
Tabla 7-32. Costos unitarios en pesos, precios 2012 (T3-S2-R4).....	7-110
Tabla 7-33. Coeficientes adicionales (T3-S2-R4).....	7-111
Tabla 7-34. Consumo por cada 1,000 veh-km.....	7-111
Tabla 7-35. Costos unitarios en pesos, precios 2012.....	7-112
Tabla 7-36. Costos de operación base (pesos, por veh-km) \$17.42.....	7-112
Tabla 7-37. Características de la carretera.....	7-112
Tabla 7-38. Características del vehículo (C3).....	7-113
Tabla 7-39. Características de los neumáticos (C3).....	7-113
Tabla 7-40. Datos sobre la utilización del vehículo (C3)	7-113
Tabla 7-41. Costos unitarios en pesos, precios 2012 (C3).....	7-113
Tabla 7-42. Coeficientes adicionales (C3)	7-114
Tabla 7-43. Consumo por cada 1,000 veh-km.....	7-114
Tabla 7-44. Costos unitarios en pesos, precios 2012.....	7-115
Tabla 7-45. Costos de operación base (pesos, por veh-km) \$ 8.83.....	7-115
Tabla 7-46. Costos unitarios de consumo de combustible por tipo de tren (CPL\$)	7-115
Tabla 7-47. Tipo de cambio de venta CLP\$ - USD\$	7-116
Tabla 7-48. Tipo de cambio de venta MXN\$ - USD\$ y tasa de inflación	7-116
Tabla 7-49. Costos unitarios de consumo de combustible por tipo de tren (MXN\$ finales 2011)	7-117
Tabla 7-50. Costos anuales de mantenimiento de locomotoras (USD\$)	7-117
Tabla 7-51. Costos anuales de mantenimiento de locomotoras (MXN\$)	7-117
Tabla 7-52. Costos unitarios de mantenimiento de locomotoras (CLP\$)	7-118
Tabla 7-53. Costos unitarios de mantenimiento de locomotoras (USD\$)	7-118
Tabla 7-54. Costos unitarios de mantenimiento de locomotoras (MXN\$)	7-119
Tabla 7-55. Costos unitarios de mantenimiento de carros (USD\$)	7-119
Tabla 7-56. Costos unitarios de mantenimiento de carros (MXN\$).....	7-119

Tabla 7-57. Costos unitarios de lubricantes (CLP\$)	7-120
Tabla 7-58. Costos unitarios de lubricantes (USD\$)	7-120
Tabla 7-59. Costos unitarios de lubricantes (MXN\$)	7-120
Tabla 7-60. Costos unitarios honorarios tripulación (CLP\$)	7-121
Tabla 7-61. Costos unitarios honorarios tripulación (USD\$)	7-121
Tabla 7-62. Costos unitarios honorarios tripulación (MXN\$)	7-121
Tabla 7-63. Costos unitarios honorarios personal de operación (CLP\$)	7-122
Tabla 7-64. Costos unitarios honorarios personal de operación (USD\$)	7-122
Tabla 7-65. Costos unitarios honorarios personal de operación (MXN\$)	7-122
Tabla 7-66. Costos unitarios depreciación carros (CLP\$)	7-123
Tabla 7-67. Costos unitarios depreciación carros (USD\$)	7-123
Tabla 7-68. Costos unitarios honorarios personal de operación (MXN\$)	7-123
Tabla 7-69. Costos unitarios depreciación locomotoras (USD\$)	7-123
Tabla 7-70. Costos unitarios depreciación locomotoras (MXN\$)	7-124
Tabla 7-71. Costos gestión y administración (CLP\$)	7-124
Tabla 7-72. Costos gestión y administración (USD\$)	7-124
Tabla 7-73. Costos gestión y administración (MXN\$)	7-125
Tabla 7-74. Otros gastos de operación (CLP\$)	7-125
Tabla 7-75. Otros gastos de operación (USD\$)	7-125
Tabla 7-76. Otros gastos de operación (MXN\$)	7-125
Tabla 7-77. Tarifas del tractocamión T3-S2 en México (Valores actualizados a febrero 2013)	7-126
Tabla 7-78. Tarifas del tractocamión T3-S2 en México (Valores actualizados a febrero 2013)	7-126
Tabla 7-79. Composición costo unitario operación ferrocarril (%)	7-127
Tabla 7-80. Resumen costo (MXN\$ / Ton-km) unitario operación ferrocarril, (Valores diciembre 2013)	7-127
Tabla 7-81. Estados de resultados de la empresa Ferromex al 31 de diciembre 2011 y 2012. (Expresado en millones de pesos nominales)	7-128
Tabla 7-82. Tarifas de servicios diversos, Ferromex. Cobros y cuotas vigentes a partir de 15 de marzo de 2014.	7-129
Tabla 7-83. Costos de Puerto Progreso, 2002	7-132
Tabla 7-84. Costos de Puerto Progreso en pesos mexicanos, 2002	7-133
Tabla 7-85. Costos de Puerto Progreso en pesos mexicanos y desglose de combustible, 2002	7-134
Tabla 7-86. Tasa de inflación y tipo de cambio por año	7-135
Tabla 7-87. Costos de Puerto Progreso en pesos mexicanos, (Valores actualizados a 2013)	7-135

Tabla 7-88. Matriz Origen – Destino, distancias (km).....	7-136
Tabla 7-89. Matriz Origen – Destino, días de viaje.....	7-136
Tabla 7-90. Matriz Origen – Destino, distancias (km).....	7-137
Tabla 7-91. Matriz Origen – Destino, días de viaje.....	7-137
Tabla 7-92. Matriz Origen – Destino, distancias (km).....	7-138
Tabla 7-93. Matriz Origen – Destino, días de viaje.....	7-139
Tabla 7-94. Matriz de influencias directas (MID). Variables básicas.....	7-140

ANEXOS

<i>Anexo 1. Importaciones y exportaciones de México vía marítima dentro del Océano Pacífico.</i>	7-97
<i>Anexo 2. Importaciones y exportaciones de México vía marítima dentro del Océano Atlántico.</i>	7-101
<i>Anexo 3. Ordenamiento de información por O – D, Golfo de México.....</i>	7-104
<i>Anexo 4. Actualización de costos</i>	7-106
<i>Anexo 5. Matrices Origen – Destino</i>	7-136
<i>Anexo 6. Ejemplo de ilustración para la utilización de software MICMAC</i>	7-139

1. INTRODUCCIÓN

Existen diversos medios para transportar mercancía dentro de un país, el modo de transporte más utilizado en México es el autotransporte, mientras que la distribución de mercancía por transporte aéreo implica costos muy elevados y, además, no existe un amplio mercado, el transporte marítimo y ferroviario son menos costosos, pero cuentan con limitantes como la falta de inversión en infraestructura, ya sea en puertos marítimos o vías ferroviarias.

La distribución por medio de cabotaje marítimo hace selección únicamente de productos no exigentes en tiempo debido a que la velocidad promedio del barco es de aproximadamente 14 millas náuticas por hora (1 milla náutica equivale a 1,852 metros), es decir 25.9 kilómetros por hora.

1.1 OBJETIVO

El cabotaje resulta poco practicado en México, por ello, el objetivo general de la presente tesis es determinar el mercado potencial del cabotaje en México, por medio de modelos de arbitraje que contengan cabotaje y transporte terrestre.

Como objetivos específicos, se conocerá la participación actual del cabotaje tanto de sus rutas dentro de los litorales, como su mercado actual.

Se conocerán las rutas que incluyan tanto al cabotaje como al autotransporte y al ferrocarril, tomando en cuenta que el origen y/o destino puede ubicarse lejos de las rutas marítimas.

Se seleccionará y desarrollará el modelo de arbitraje.

2. ANTECEDENTES

2.1 CABOTAJE

Se define al **CABOTAJE** como una navegación que se realiza cerca de la costa o dentro de los litorales nacionales, se utiliza principalmente para transportar mercancía de puerto a puerto mediante barcos cargueros o buques mercantes, pero también es posible su utilización como transporte de pasajeros.

El transporte marítimo es una manera de transportar grandes volúmenes de mercancía, a mayores distancias y a costos más bajos comparados con otros medios de transporte como el aéreo, es por esto que el intercambio comercial internacional se realiza principalmente por este modo.

La historia de la navegación nace, posiblemente, en el año 4000 a.C., donde probablemente en Mesopotamia se crea la navegación a vela (Revista Sucesos No. 20). La existencia de documentos sobre la ciencia náutica tiene referencias más precisas sobre la navegación, estas datan alrededor del año 2000 a.C. donde la cultura Fenicia construía barcos de carga a vela, desarrollando también las galeras birreme y trirreme. Los fenicios dominaban la navegación costera, que era el método más seguro y habitual, y se desplazaban desde las costas libanesas hasta el Atlántico Norte para comerciar en lugares tan distantes como Inglaterra. La importancia de esta cultura radica en que consiguieron pasar de una navegación casi exclusivamente de cabotaje, hacia una navegación de altura.

De ahí se definen, por tanto, dos principales tipos de tráfico marítimo, de altura y de cabotaje. La primordial distinción entre ambos modos es la capacidad de sus barcos. Mientras los barcos de cabotaje son de tamaño medio, lo cual implica que la capacidad de carga es alrededor de 10 mil toneladas, no cuentan con sistemas de refrigeración y, además, viajan a una velocidad de aproximadamente 14 nudos (1 nudo equivale a 1 milla náutica que equivale a 1.852 km por hora); los barcos de altura llegan a medir hasta más de 333 metros de largo y pueden tener una capacidad de carga de hasta 150 mil toneladas.

Así mismo, existen puertos de altura, los cuales cuentan con la infraestructura adecuada para recibir embarcaciones grandes provenientes de puertos nacionales o de puertos del extranjero. Por otro lado, los puertos de cabotaje están diseñados para barcos pequeños o medianos.

En la actualidad, existen diversos productos que tienen diferentes características y, por lo tanto, se deben contar con diferentes tipos de barcos como: los que cuentan con bodegas de ventilación o refrigeración (carga perecedera), graneleros, buques tanque, cementeros o los que se construyen para varios tipos, como los buques portacontenedores o los que pueden cargar mineral, granel y petróleo.

2.2 CABOTAJE EN EL MUNDO

Cada país cuenta con su propia legislación en cuanto al transporte marítimo, un primer acercamiento es en los Estados Unidos de Norteamérica, quienes han aplicado restricciones de acceso muy estrictas al cabotaje, esto a través de la llamada Jones Act, en la que se especifica que la embarcación tiene que ser construida en el país. Además, este país cuenta con restricciones de acceso en el transporte internacional.

Por otra parte, en la Unión Europea, a partir del año 2001 se realizó una apertura multilateral del cabotaje.

En continentes como en Asia, el cabotaje ha ido evolucionando favorablemente.

2.2.1 Revisión de los alcances de algunos estudios previos en el mundo.

AMÉRICA.

- *Entrada Continental y Comercio en el Corredor Quebec-Ontario: Mejor Multimodalidad.* Publicado por Global Digital Business Review en 2010. El propósito de este estudio es resolver problemas que afectan a las redes, especialmente problemas de congestión en el corredor Ontario-Quebec, aplicando un análisis Costo-Beneficio, ya que esta red es la columna vertebral de la economía en Canadá.

EUROPA.

- *El comercio inter-regional en el contexto de un modelo input-output multi-regional para España.* Publicado por el Instituto L. R. Klein en 2004. Este estudio presenta un

modelo input-output interregional de la economía española, que se ha construido a partir de tablas input-output regionales actualizadas para 1995 y una colección de matrices interregionales de comercio estimadas para cada tipo de producto. El artículo se concentra en la metodología utilizada para la estimación de las matrices de comercio interregional, mediante el uso de flujos de transporte y relaciones valor/peso deducidas de estadísticas. Mediante coeficientes, mapas y modelos gravitatorios se analizan los principales flujos intrarregionales e interregionales tratando de medir la importancia de la proximidad geográfica y especialización sectorial en las relaciones comerciales.

- *Una visión sobre el modelo de carga nacional de Noruega.* Conference on National and International Freight Transport Models en 2000. Este trabajo describe el desarrollo histórico del modelo de transporte de mercancías nacional de Noruega, presenta la versión actual y una propuesta. En la versión actual se presenta una breve descripción de los componentes de las metodologías NEMO (Network Model) y PINGO, que es un modelo nacional de Noruega que describe el comercio internacional por medio de pronósticos. Estos modelos componen el modelo real de mercancías de la red de carreteras, trenes y transporte por vías marítimas dentro de Noruega y entre Noruega y otros países (NEMO) y PINGO para la predicción del transporte de mercancías regional e interregional. NEMO y PINGO comprenden un modelo de carga de red real con demanda elástica. No hay limitaciones de capacidad en NEMO, por lo tanto no hay necesidad de que exista interacción entre PINGO y NEMO para alcanzar el equilibrio entre los costos de transporte calculados por NEMO y la demanda para el transporte calculado por PINGO.
- *Definición de un Modelo de Simulación de Transporte Marítimo a Largo Plazo: Aplicación a la Unión Europea.* Marc Nicolás Pozo, de la Universidad Politécnica de Cataluña en 2009. Este documento trata el tema de generación y distribución del transporte de mercancía marítima en Europa a largo plazo, ya que es importante saber cómo evolucionará este tipo de transporte para entender el transporte en Europa en general.

La parte principal de este estudio es la construcción de modelos para poder predecir el futuro de los flujos de mercancías movidas por mar, intentando identificar y valorar las variables más importantes que intervienen en el transporte marítimo a gran escala. Para la construcción del modelo, primero se evalúan los datos de los que se dispone a partir de los cuales se construyen matrices origen destino que se utilizan como datos de entrada en un modelo de asignación por mínimos costos, esto con el fin de reproducir la situación actual del tráfico marítimo, por medio de fuentes estadísticas por lo que se limitará el número de puertos en el modelo. El otro punto importante de esta primera fase es evaluar los costos de transporte tanto por mar como por tierra así como la capacidad máxima de que disponen los puertos para tratar mercancía.

En la segunda etapa se pretende encontrar la manera de introducir los cambios necesarios para que el modelo se adapte a los escenarios futuros (simulación de matrices y costos) y así obtener los pronósticos de carga.

- *El comercio en Europa Central y Oriental: ¿Han convertido en obsoletos los costos de transporte a los Modelos Gravitacionales?* Anca Monika Voicu, Nicholas J. Horsewood. 2007. En este trabajo se estima un modelo gravitacional para los nuevos miembros de la UE y para países de la OCDE. Dada la redirección de exportaciones de las economías en transición, se utiliza un análisis de corte transversal para varios años en la década de 1990 y en la primera década de 2000. Se cuantifican los efectos de acuerdos preferenciales entre bloques comerciales y se estima un modelo de gravedad ampliado con variables que reflejan el costo de la comunicación y del transporte terrestre de mercancías. La significatividad del número de usuarios de Internet y de telefonía móvil como determinantes del comercio sugiere una posible política a implementar por parte de los países de Europa Central y Oriental para potenciar los flujos comerciales.

2.3 CABOTAJE EN MÉXICO

El cabotaje, en México, ha tenido una disminución considerable en el movimiento de carga debido al desarrollo de la infraestructura carretera.

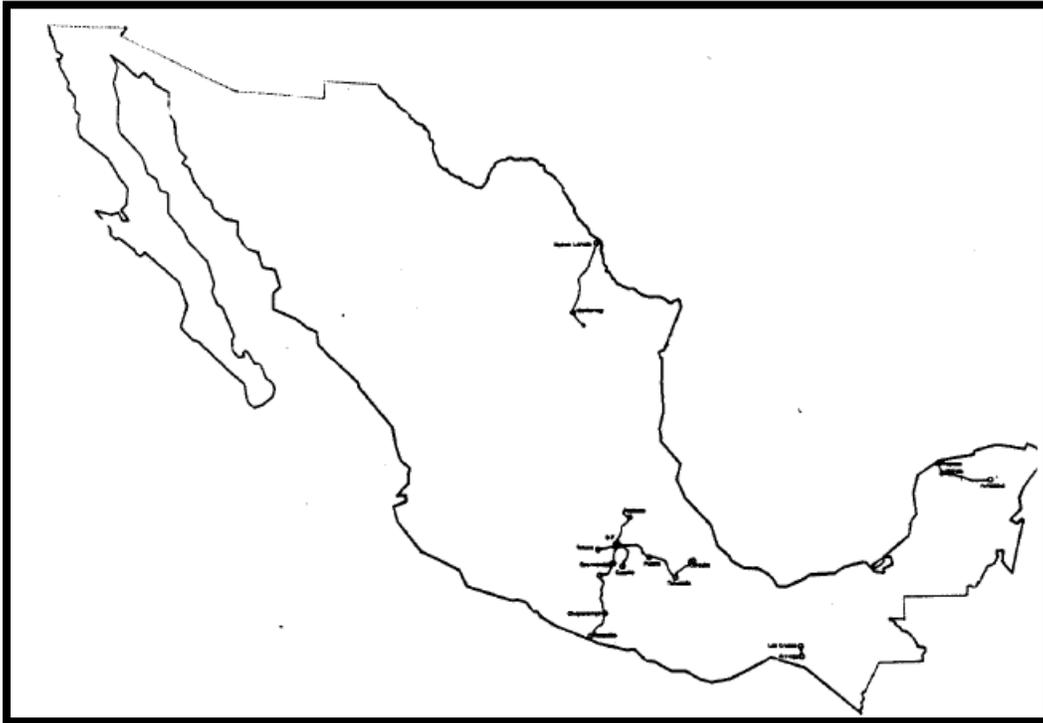
El incremento de vehículos automotores a partir de 1960 debido, entre otras causas, a la urbanización del país y la creación de empleos en zonas alejadas de las ciudades, trajo consigo un problema de falta de infraestructura carretera, por esto, para los años 70, dentro del gobierno del presidente Luis Echeverría Álvarez, hubo un acelerado crecimiento de la infraestructura carretera, el cual provocó el inicio de un importante declive del cabotaje dentro del país. La distribución por medio de autotransporte empezó a competir en condiciones que hacían cada vez más difícil a las empresas navieras mantener la viabilidad de sus servicios.

La creación y el crecimiento de las primeras carreteras del país comienzan entre los años de 1925 y 1930, lo cual produjo una red de 1,420 km (figura 2.1).

Para los años comprendidos entre 1931 y 1950 se agregaron a la red 21,030 km, pero de 1951 a 1960, se construyó casi el doble, es decir, 22,440 km más. Para el año de 1970 el país tenía una red carretera total de 71,520 km y para 1980 se pasó a tener 212,626 km.

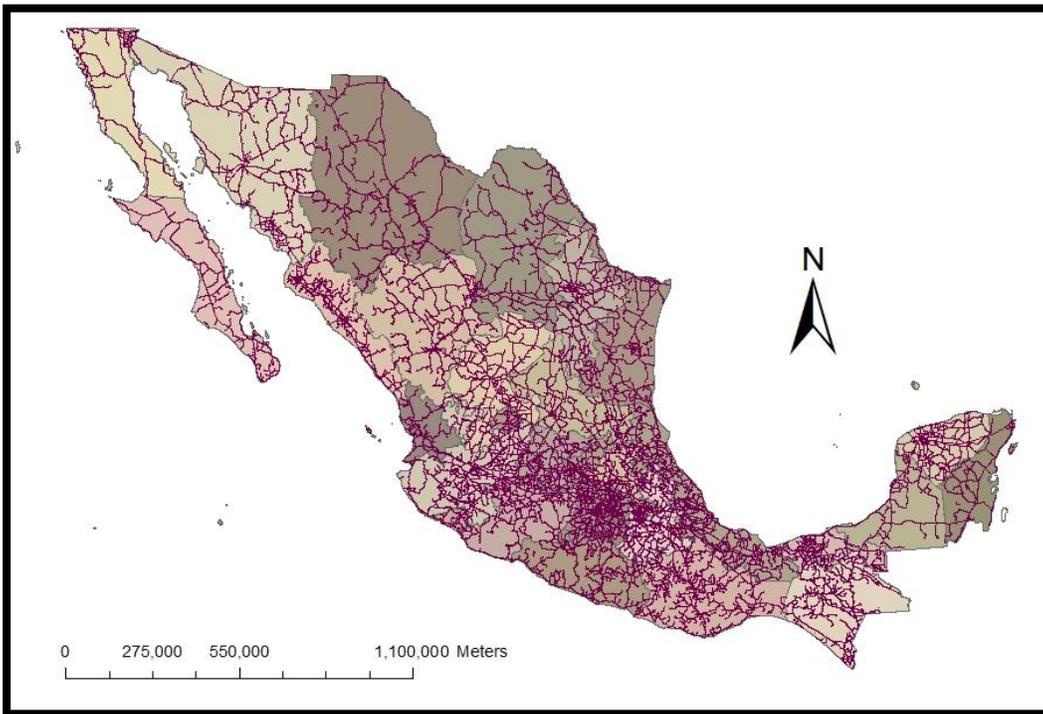
Para finales del año 2008 (figura 2.2), la red carretera nacional tenía una longitud total de 333,247km, de los que 106,571 corresponden a carreteras libres, 5,933 a autopistas de cuota, 160,185 a caminos rurales y alimentadores y 60,557 a brechas.

Figura 2.1: Red carretera 1930.



Fuente: Velazquez Moisés, 1997

Figura 2.2: Red carretera 2011.



Fuente: Elaboración propia.

México, debido a su ubicación entre el Océano Pacífico y el Océano Atlántico, es un país competitivo en el ramo marítimo, de esta manera, México cuenta con 11,122 km de costas, de esto, la línea de costa del Pacífico mexicano tiene una longitud de 7,828 [km], mientras que la línea de costa del Golfo de México y el Mar Caribe tiene una longitud de 3,294 [km] (INEGI 2002). Por esta razón, en México, se cuenta con un alto número de puertos, estos son 74 puertos según el Anuario Estadístico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Figura 2.3), cabe mencionar que, de los 74 puertos, 24 son de altura y 50 son de cabotaje. Teniendo en cuenta que un puerto de altura es aquel que cuenta con las condiciones adecuadas para recibir embarcaciones de ultramar, las cuales son de grandes cantidades de carga, con calado mayor a 24 pies (1 ft = 0.3048 m).

Figura 2.3: Puertos existentes en la actualidad.



Fuente: Anuario Estadístico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2005).

Existen 24 puertos de altura, los cuales se muestran marcados en rojo dentro de la figura 2.3. Estos puertos son: Ensenada, Guerrero Negro, San Carlos, La Paz, Guaymas, Topolobampo, Mazatlán, Puerto Vallarta, Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Acapulco, Salina Cruz

Cruz, Puerto Chiapas, Altamira, Tampico, Tuxpan, Veracruz, Pajaritos, Coatzacoalcos, Dos Bocas, La Ceiba, Puerto Progreso, Puerto Morelos y Chetumal.

Los 15 principales puertos de altura manejados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) son los siguientes:

Los puertos de cabotaje en México reciben solo a embarcaciones de menor tamaño, esto en consecuencia de su limitada capacidad de carga. Actualmente, los puertos de cabotaje que destacan son: San José del Cabo, Puerto Peñasco, Zihuatanejo.

La existencia de anuarios estadísticos o estimaciones de movimientos de carga reflejan la evolución del tráfico de carga en el país. Existen diversos entes encargados de generar esta información como son: el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), la Dirección General de Puertos y Marina Mercante de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, además, existen estudios en los cuales se ha estimado la carga nacional, siendo esta más exacta. Tal es el caso del estudio *Transporte Carretero de Carga en América Latina y el Caribe (Banco Internacional de Desarrollo, Marzo 2013)*, en el cual se detallan los flujos de carga nacional.

El Instituto Mexicano del Transporte cada año realiza un *Manual estadístico* del sector transporte, en él se aprecian estadísticos históricos del tráfico doméstico de carga por modo de transporte; el transporte por carretera se mantuvo como el modo predominante (tabla 2-1). Cabe destacar que en el año 2010, el manual no indica la forma en que se realizaron las estimaciones, de esta manera no se puede comprobar de donde proviene la información.

La participación del cabotaje en el tráfico doméstico, como ya se mencionó, ha ido en decadencia, principalmente por la oferta que ofrece el autotransporte contra la poca variedad de servicio en el cabotaje; además de la falta de inversión en flota y puertos navieros. Comparando las cifras obtenidas del *Manual Estadístico* del IMT con los datos del *Banco Interamericano de Desarrollo (BID)*, de la siguiente tabla 2-2, los datos para el cabotaje difieren, ya que el IMT contabiliza dos veces la carga, es decir que cuando la carga sale de un puerto es registrada y esa misma carga es contada al llegar a su puerto de destino. En cambio, en la tabla 2-2 la carga se contabiliza una vez, así que para comparar la participación del cabotaje en el año 2010 por ejemplo, entre ambos cuadros,

es necesario agregar la carga de entrada o salida, es decir que salen 33 MMton más 33 MMton que entran, lo que daría un total de 66 MMton para carga doméstica y comercio exterior, en lo que se observa que la participación del cabotaje en la carga doméstica reportada por el IMT parece subestimada.

Tabla 2-1. Evolución del tráfico doméstico de carga, sin ductos, por modo de transporte (en millones de toneladas). IMT 2012.

Millones tons/año	Carretero ⁽¹⁾	Ferroviano ⁽²⁾	Cabotaje	Aéreo	TOTAL
1995	366.7 85.5%	30.7 7.2%	31.6 7.4%	0.085 0.020%	429.1
2000	413.2 85.5%	36.2 7.5%	33.8 7.0%	0.099 0.020%	483.3
2005	435.0 85.1%	36.9 7.2%	39.2 7.7%	0.123 0.024%	511.2
2010	470.0 84.6%	48.1 8.7%	37.2 6.7%	0.107 0.019%	555.4

Nota: ⁽¹⁾ Incluye sólo el movimiento del Autotransporte Público Federal.
⁽²⁾ Incluye las diferentes empresas ferroviarias que existían en el País, (datos de registros).
 Para el año 2000, incluye el movimiento doméstico de carga de los Concesionarios y Asignatarios Ferroviarios.

Fuente: Manual estadístico del sector transporte 2012.

Por otra parte, debido a que PEMEX no diferencia los flujos de carga doméstica y comercio exterior por ductos, únicamente se puede registrar el tráfico total, lo cual hace que el tráfico doméstico sea desconocido. Además, la producción nacional no ha aumentado entre los años 2005 y 2010 y en la tabla 2-1 se observa que la participación total aumenta, probablemente bajo el efecto del movimiento de las importaciones.

Tabla 2-2. Distribución modal de la carga total (doméstica y comercio exterior). 2013.

Millones tons/año		Carretero	Ferroviano	Ductos	Cabotaje	Aéreo	Total con ductos	Total sin ductos
1995	Tons (Millones)	408.3	52.5	44.5	31.6	0.3	537.2	492.7
	% con ductos	76.00%	9.80%	8.30%	5.90%	0.0%		
2000	Tons (Millones)	484.0	77.2	52.5	33.8	0.4	647.9	595.4
	% con ductos	74.70%	11.90%	8.10%	5.20%	0.1%		
2005	Tons (Millones)	525.6	89	59.5	32.2	0.6	706.9	647.4
	% con ductos	74.40%	12.60%	8.40%	4.60%	0.1%		
2010	Tons (Millones)	556.5	101.7	73.8	33.0	0.8	765.8	692.0
	% con ductos	72.70%	13.30%	9.60%	4.30%	0.1%		

Fuente: DGT-T-SCT, 2011 (APF, FFNN y AÉREO)
 DGP y MM-SCT (CABOTAJE dividido por 2)
 Anuario Ferroviario 2011 (2010=104.3 Mmton)
 Memorias Laborales PEMEX varios años

Fuente: Banco Internacional de Desarrollo, Marzo 2013

3. ESTADO DEL ARTE

3.1 INTRODUCCIÓN

Para este trabajo, lo que se intenta es precisar mercados potenciales para el cabotaje con base en análisis de demanda, además del tipo de producto y origen – destino del mismo y un análisis de posición competitiva ante el transporte terrestre.

Este capítulo se enfoca a definir las metodologías posibles a utilizar para la obtención de viajes futuros por medio de matrices Origen – Destino, así como escenarios de evolución y modelos de arbitraje en base a costos puerta a puerta (costo transporte + servicios asociados).

3.2 METODOLOGÍAS

La metodología que se desarrollará consiste en cuatro etapas, las cuales son:

1. Matrices Origen – Destino
2. Escenarios propuestos
3. Costo de transporte
4. Asignación

La primera etapa consiste en realizar una simulación que refleje la distribución de viajes futuros dentro de la zona de estudio, utilizando información obtenida de estudios de Origen – Destino; para esto existen tres modelos matemáticos que se utilizan comúnmente para resolver problemas de distribución de viajes, estos modelos son: Fratar, Furness y Gravitacional, más adelante se discutirá cada uno de ellos.

Dentro de la segunda etapa se muestran escenarios de evolución, los cuales describen la situación futura; con la ayuda de la herramienta de análisis estructural se vinculan ideas en forma de variables y se construye una matriz que refleja la dependencia de cada variable contra las demás, destacando las variables que son importantes para la evolución del sistema.

En la tercera etapa se desarrollan los costos de transporte, tanto de cabotaje como de autotransporte y ferrocarril para finalmente pasar a la última etapa, en la cual se utilizan

los modelos de asignación, como el método Dual – Simplex que se explica más adelante, esta herramienta se utiliza para resolver el problema planteado mediante una función objetivo y variables con relevancia encontradas en las etapas anteriores.

3.2.1 Modelo de Fratar

Este modelo fue desarrollado en 1954 por Thomas J. Fratar y particularmente se basa en el supuesto de que la modificación de los viajes en un intercambio, es directamente proporcional a la modificación de los viajes en las zonas de origen y destino que contribuyen al intercambio (Vázquez Berber, 1991).

Los pasos que incluye este modelo son:

1. Crear una matriz que refleje la distribución de viajes totales.
2. Determinar un factor de crecimiento para cada una de las zonas de origen y de destino, aunque las zonas de destino cuentan con la opción de igualarse a las de origen.
3. Crear una nueva matriz de viajes futuros, en donde la distribución de viajes totales futuros de cada intercambio, es proporcional a la distribución de viajes presentes de cada intercambio, únicamente modificado por el factor de crecimiento.
4. Se realizan el número de iteraciones convenientes para equilibrar los orígenes – destinos de las matrices

La siguiente expresión matemática corresponde al método Fratar:

$$T_{ij(k+1)} = (T_{ijk}F_{jk})F_{ik}$$

Donde,

$$F_{jk} = \frac{T_j}{\sum_{j=1}^n T_{ijk}} \quad \text{y} \quad F_{ik} = \frac{T_i}{\sum_{j=1}^n T_{ijk}F_{jk}}$$

Descripción de las variables consideradas:

T_{ijk} = Viajes entre i y j para la iteración k (representa los viajes dados cuando $k = 1$).

F_{jk} = Factor de crecimiento en el destino j (columna).

F_{ik} = Factor de crecimiento en el origen i (fila).

T_j = Total de viajes deseados para el destino j .

T_i = Total de viajes deseados para el origen i .

i = Número de la zona de origen, $i = 1, 2, \dots, n$.

j = Número de la zona de destino, $j = 1, 2, \dots, n$.

n = Número de zonas.

k = Número de iteración, $k = 1, 2, \dots, m$.

m = Número iteraciones.

3.2.2 Modelo de Furness

Este modelo se publicó en 1965 en la revista inglesa Traffic Engineering + Control.

En este método se equilibran primero los flujos de producción (origen) de viajes de las diferentes zonas y después se equilibran los flujos de atracción (destino) (Vázquez Berber, 1991).

Los pasos fundamentales son los siguientes:

1. Multiplicar el total de viajes producidos para cada zona por el factor de crecimiento, de esta manera se obtiene el total de viajes producidos pronosticados en el origen.
2. Multiplicar cada fila de la matriz por el factor de origen.
3. Dividir el total de viajes atraídos en cada zona entre el total de viajes atraídos pronosticados para obtener los factores de destino.
4. Iterar hasta que los factores de origen o destino calculados se encuentren entre 0.95 y 1.05, ya que dentro de este rango el error es 5%

Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$t'_{ij} = t_{ij} \times \frac{P_i}{p_i}$$

$$t''_{ij} = t'_{ij} \times \frac{A_j}{\text{viajes atraídos por } j \text{ en la primera iteración}}$$

$$t'''_{ij} = t''_{ij} \times \frac{P_j}{\text{viajes atraídos por } i \text{ en la segunda iteración}}$$

Descripción de las variables:

t'_{ij} = Flujo futuro de i a j .

t_{ij} = Flujo presente de i a j .

P_i = Producción de viajes futuros de la zona i .

p_i = Producción de viajes actuales de la zona i .

A_j = Atracción de viajes futuros hacia la zona j .

a_j = Atracción de viajes actuales hacia la zona j .

3.2.3 Modelo Gravitacional

El modelo gravitacional imita la Ley de Gravedad de Isaac Newton en un contexto de distribución de viajes, en donde los viajes producidos en un origen y atraídos por un destino son directamente proporcionales al total de viajes producidos en un origen, al total de viajes atraídos por un destino, a un término de calibración y, posiblemente, a un factor de ajuste socioeconómico y es de los más utilizados para la distribución de viajes.

Aunque no necesita de un estudio origen – destino de viajes en el año base como dato inicial, necesita ser calibrado.

Matemáticamente el modelo de gravedad se simplifica en:

$$T_{ij} = \frac{P_i A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum_{j=1}^n (A_j F_{ij} K_{ij})}, i = 1, 2, \dots, n$$

Descripción de las variables:

T_{ij} = Viajes producidos en i y atraídos por j . (intercambio).

P_i = Total de viajes producidos en i .

A_j = Total de viajes atraídos por j .

F_{ij} = Término de calibración para el intercambio ij .

K_{ij} = Factor de ajuste socioeconómico para el intercambio ij .

i = Un número que identifica una zona de origen, $i = 1, 2, \dots, n$.

n = Número de zonas.

3.2.4 Discusión

El método de Fratar o método de factores de crecimiento no difiere ampliamente con el método de Furness, la diferencia más significativa es que en el método de Furness se hacen ajustes a los viajes producidos (P_i) y a los viajes atraídos (A_j), mientras que en el modelo de Fratar sólo se hacen ajustes a los viajes atraídos (A_j). Por otra parte, el modelo Gravitacional, difiere de los anteriores en que distribuye los viajes hacia la zona de atracción, mientras que el modelo de Fratar y Furness distribuyen viajes a una zona de destino.

En general, los tres modelos arrojan resultados muy similares, únicamente el modelo Gravitacional es más preciso que los otros dos, pero la diferencia es poco significativa.

3.3 ESCENARIOS DE EVOLUCIÓN

Los escenarios son imágenes futuras que suponen una descripción de lo que ocurriría si se tomaran ciertas acciones. Si bien, predecir el futuro no es una tarea sencilla, el interés por conocer qué pasará ha llevado al ser humano a crear diferentes métodos (heurísticos, econométricos y prospectivos) para la construcción de escenarios que le permitan conocer indicios de lo que podría suceder en el futuro, reduciendo la incertidumbre.

Tabla 3-1. Recopilación de metodologías para la construcción de escenarios.

Modelo / Metodología	Autor(es)	Características / Aportes	Año
Future-Now	Herman Kahn	Emplea juicios razonados y la intuición. Método cualitativo.	1967
Operational Research / Management Science (OR/MS)	Amara y Lipinski	Involucra algoritmos estructurales y modelos matemáticos. Método cuantitativo.	1983
Procedimiento para la construcción de escenarios	Peter wack	Soporta los escenarios bajo una estructura robusta, complementados con un análisis numérico.	1985
Industry Scenarios	Michael Porter	Permite prever cómo será el mundo en el futuro	1985
Procedimiento para la construcción de escenarios	Millet y Randles	Relaciona métodos cualitativos y cuantitativos	1986
Análisis de escenarios para la planeación estratégica. Procedimiento para la construcción de escenarios en tres fases.	Jutta Brauers y Martin Weber	Incluye métodos creativos cualitativos en la fase de análisis	1988
Metodología general de ocho pasos propuesto por Schwartz	Peter Schwartz	Método procedimental para desarrollar escenarios	1991
Metodología para la construcción de escenarios	Michel Godet	Uso de la perspectiva para el diseño de escenarios	1992
Metodología para la construcción de escenarios en tres fases	The Future Group	Enfatiza en centrar en los puntos críticos de la organización	1994
Metodología para la construcción de escenarios en cuatro fases	Sholom Feldblum	Relaciona la simulación estocástica con la prueba de escenarios	1995
Metodología para la construcción de escenarios en nueve pasos	Paul Schoemaker	Incluye en el paso 9 la posibilidad de reexaminar los escenarios después de realizar investigaciones posteriores	1995
Metodología para el desarrollo de escenarios	Kees Van Der Heijden	Método estructurado para el desarrollo de escenarios	1996
Método de la doble variable	John Galtung	Identifica las dos mayores incertidumbre y crea escenarios para estas	1998
Metodología general de siete pasos	John Ratcliffe	Modelo adaptable para el uso en cualquier tipo de organización	2000
Teoría general para la planeación de escenarios basado en el método de ocho pasos de Dubin	Thomas J. Chermack	Aplicación teórica para la construcción y prueba de escenarios	2003
Metodología general de cinco pasos	Diana Scearce, Katherine Fulton, y the GBNC	Incluye el seguimiento posterior de los escenarios elaborados	2004
Desarrollo de escenarios perspectivas	Iver B. Neumann y Erik F. Verland	Los escenarios pueden provenir directamente de datos del pasado, del presente o de ambos.	2004
Transition Management Model	Saartje Sondejker, Jac Geurts, Jan Rotmans y Arnold Tukker	Modelo para la transición de escenarios hacia los procesos gerenciales	2006

Fuente: (Vergara Schmalbach, Fontalvo Herrera, & Maza Ávila, La planeación por escenarios: Revisión de conceptos y propuestas metodológicas, 2010)

En la tabla anterior (tabla 3-1) se muestra una recopilación a través del tiempo de metodologías y sus características para la construcción de escenarios.

3.3.1 Econométricos

Los modelos econométricos parten de la economía y utilizan conceptos matemáticos para predecir su evolución futura.

Dentro de los modelos econométricos la forma funcional ha de estar perfectamente definida, es decir, $C = a + bY$ es una función lineal caracterizada por a y b , que son los parámetros de la misma. La idea es medir o estimar numéricamente a y b , dada una muestra de C e Y (Sotoca López, 2009).

Los modelos econométricos son estocásticos debido a que contienen variables aleatorias, además, estos modelos deben ser breves, es decir que deben tener pocos parámetros que le caractericen. Muchas veces, el tamaño está condicionado por la información estadística disponible.

Para su formulación se requieren de las siguientes etapas (Sánchez Barajas, 2007):

1. Evolución de la teoría o hipótesis.
2. Exposición de la teoría económica con símbolos matemáticos, es decir, la definición del modelo econométrico dirigido a probar la teoría económica.
3. Determinación del valor numérico de los parámetros del modelo.
4. Verificación: Es la aceptación o el rechazo de la teoría económica mediante el método de pruebas de hipótesis estadísticas.
5. Predicción: Se evalúan relaciones estructurales y futuros resultados con base en el modelo establecido.
6. Utilización del modelo para fines de control, formulación o evaluación de políticas.

Cabe destacar que un modelo econométrico trata de expresar por medio de ecuaciones la forma en que aparecen relacionados los parámetros y las variables que componen el modelo, esta relación entre variables es lineal.

3.3.2 Heurísticos

De acuerdo con la Real Academia Española, la palabra heurístico proviene del griego εὕρισκειν, que significa hallar, inventar. De ahí que un método heurístico es un procedimiento que trata de descubrir una solución factible muy buena, pero no

necesariamente una solución óptima, para el problema específico (Hillier & Lieberman, 2006).

Los modelos heurísticos se dividen en no estocásticos y estocásticos; mientras que los no estocásticos se caracterizan por ser un esquema cualitativo basado en intuición y en opinión de expertos; los estocásticos son de tendencia probabilística, se plantean a partir de la inspección de las tendencias más fuertes en eventos pasados y/o presentes y, de esta manera, todos los modelos lineales tendenciales son considerados como modelos matemáticos heurísticos.

3.3.3 Prospectivos

Finalmente, se encuentra la prospectiva, cuya idea principal es que existen varios futuros posibles, ya que el futuro aún no existe, pero este futuro va a depender únicamente de las acciones de los actores sociales. Lo anterior implica que el hombre colectivo, es decir, un conjunto de personas, al tomar decisiones correctas, construirán un mejor futuro posible.

El objetivo de los escenarios prospectivos es la construcción de representaciones de imágenes futuras deseables o rechazables, y de los caminos que conducen a estas imágenes, esta metodología se basa en el análisis sistemático de los futuros posibles.

Dentro de este campo de investigación existe un gran número de métodos y técnicas que pueden ser usadas para la creación de escenarios prospectivos, por ejemplo: lluvia de ideas, talleres, el análisis FODA, las tres competencias, el análisis estructural, análisis de los jugadores, análisis morfológico, método Delphi, análisis de tendencias de impacto, análisis de impacto cruzado, etc. Dentro de la tabla 3-2, se detallan las más relevantes.

Una herramienta del análisis prospectivo que permite vincular ideas es el análisis estructural, el cual describe el sistema por medio de una matriz cuyas variables son factores que afectan el sistema estudiado. La finalidad de esta herramienta, como ya se mencionó, es destacar las principales variables influyentes y dependientes, las cuales serán variables esenciales para la evolución del sistema.

Tabla 3-2. Descripción de técnicas para la creación de escenarios prospectivos.

Nombre	Objetivo	Descripción	Fuente
Visioning o visualizando	Configurar una visión de futuro.	Se descompone en tres fases: -Definir características positivas o negativas que figuren un futuro ideal -Examinar cómo la sociedad funcionaría dadas esas características -Pedir a los participantes en el grupo que describan un día normal en el futuro preferido por ellos	Bas (1999)
FWS (FutureWork Shop) o talleres de prospectiva	“Popularizar” la toma de decisiones. Solucionar los problemas comunes a partir de la opinión de ciudadanos corrientes, en lugar de recurrir a “expertos”	Es una combinación de innovación y métodos grupales en tres pasos: análisis de los problemas, las visiones y los sueños concebidos para dar solución a los primeros, la evaluación de las soluciones y la elaboración de planes de acción prácticos.	Bas (1999)
Intuiciones Sistemáticas	Configurar respuestas ante diversos problemas y aspectos de la realidad, a partir de percepciones y presentimientos fundamentados en la experiencia.	Detectar creencias, estereotipos y concepciones que no tienen fundamento en la realidad. Discriminar argumentos y creencias que se toman como verdaderas cuando son cuestionables. Propiciar la simpatía entre percepciones actuales y futuras con el fin de producir un “shock cultural” que acerque el futuro.	Miklos y Tello (1994)
Juegos de Simulación	Transmitir y obtener información, así como propiciar la comunicación entre los participantes a fin de motivarlos y prepararlos para alguna experiencia futura. .	Diseñar un juego mediante la articulación de eventos y problemas relativos a una situación y establecer un lenguaje que facilite la comunicación entre los jugadores. Asignar los “papeles” que desempeñará cada participante. Solicitar a los jugadores que identifiquen las restricciones de la situación, analicen la necesidad de introducir nuevos elementos y anticipen las diferentes alternativas de solución.	Miklos y Tello (1994)
Compass	Explorar políticas, resumir pros y contras de las políticas propuestas y organizar evaluaciones divergentes de los resultados producidos en diferentes proyectos.	La técnica opera en dos niveles: 1. Consiste en un pequeño taller proporcionando a los participantes información sobre el tema a analizar y creando un breve informe incluyendo gráficas de posibles resultados del programa y las repercusiones 2. Es opcional y consiste en una reflexión de la investigación a partir de las conclusiones señaladas en el primer informe. Finalmente se realiza un seguimiento del informe e incorporan los resultados del seguimiento al trabajo anterior.	Miklos y Tello (1994)
Delphi	Obtener una previsión de futuro cuantificada por consenso sobre temas cualitativos, con el fin de servir de apoyo para la toma de decisiones. La técnica de Delphi es probablemente el método cualitativo o intermedio más utilizado.	Procedimiento sistemático y controlado que elimina los defectos (ruido, presión grupal, pérdida de tiempo, falta de acuerdo) y potencia las posibilidades de la reunión de grupo, que permita ofrecer una visión prospectiva más probable. Se conoce opinión de expertos por medio de cuestionarios sucesivos. Fase 1: Formulación del problema Fase 2: Elección de Expertos Fase 3: Desarrollo práctico y explotación de resultados.	Bas (1999) y Godet (2000)

Tabla 3-2. Descripción de técnicas para la creación de escenarios prospectivos (Continuación).

Nombre	Objetivo	Descripción	Fuente
MACTOR (juego de actores)	Facilitar a un actor una ayuda para la decisión de la puesta en marcha de su política de alianza y de conflictos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Construir el cuadro “estrategias de los actores” (de entre 10 y 20 actores). 2. Identificar los retos estratégicos y los objetivos asociados 3. Situar cada actor en relación con los objetivos estratégicos (matriz de la actitud actual de cada actor en relación a cada objetivo indicando su acuerdo (+1), desacuerdo (-1) o neutralidad (0)). 4. Jerarquizar para cada actor sus prioridades de objetivos (matriz de posiciones evaluadas) 5. Evaluar las relaciones de fuerza de los actores. Matriz de influencias directas entre actores. 6. Integrar las relaciones de fuerza en el análisis de convergencias y de divergencias entre actores 7. Formular las recomendaciones y las preguntas clave del futuro 	Godet (2000)
Análisis estructural	Ofrece la posibilidad de describir un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos buscando hacer notar las variables influyentes, dependientes y las variables a la evolución del sistema.	<p>Se identifican tres fases:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Listado de las variables que caracterizan el sistema estudiado y su entorno, no debe exceder el número de 70-80 variables. 2. Descripción de relaciones entre las variables 3. Identificación de las variables clave, primero mediante una clasificación directa y luego por clasificación indirecta. 	Godet (2000)
Matriz de Decisión	Determinar el problema. Identificar dos conjuntos de factores.	<p>Enlistar cada factor con sus partes, uno de manera vertical y otro horizontal. Asignar un número del cero a la unidad que exprese la relación cuantitativa de los factores.</p> <p>La matriz ordena información para juzgar las consecuencias e implicaciones de la interacción.</p>	Miklos y Tello (1994)
Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas)	Pretende conocer las fuerzas y las debilidades del problema.	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnóstico interno: fuerzas y debilidades. - Diagnóstico externo: amenazas y oportunidades. 	Godet (2000)

Fuente: Elaboración propia en base a (Miklos & Arroyo, 2008)

El método de análisis estructural, creado por Michel Godet, uno de los padres fundadores de la Escuela de Pensamiento Prospectivo, comprende tres fases (GODET, 1999):

1. Inventariar las variables. Esta etapa, que es la menos formal, es crucial para el resto del proceso.
2. Describir las relaciones existentes entre las variables. Durante esta segunda etapa, el punto es reconstituir y describir la red de relaciones entre las variables / factores.
3. Identificación de variables esenciales. Esta última etapa consiste en identificar las variables esenciales y los factores que son claves para las dinámicas globales del sistema.

La primera fase radica en realizar una búsqueda exhaustiva de las variables que caracterizan el sistema y su entorno, por ejemplo, las mercancías compatibles con el cabotaje. Estas variables se clasifican entre variables internas y externas.

Para la segunda fase, se debe realizar una matriz de análisis estructural, en donde las columnas representan dependencia y las filas motricidad (tabla 3-3), y en cada celda se evaluará la existencia de influencias, es decir, a nivel de cada fila, si “i” influye sobre “j”, en el elemento a_{ij} se escribe un uno, pero si “i” no influye sobre “j”, entonces se escribirá un cero. Cabe destacar que es posible evaluar la intensidad de influencia por medio de una escala más amplia.

Algunos aspectos que se deben evitar en particular son (GODET, 1999):

- La existencia de una relación directa entre dos variables “i” con la variable “j” y viceversa. En este caso, se deberá privilegiar la relación que parezca más directa y/o más operacional (es decir, de un modo inductivo más que deductivo), la relación directa doble sólo podrá contemplarse en el análisis final.
- Registrar una relación directa de “i” con “j” cuando la influencia de “i” sobre “j” se produce a través de otra variable de la lista.
- Considerar una supuesta influencia de “i” sobre “j” o viceversa, si la supuesta co-linealidad (evolución correlativa) de estas dos variables se debe sólo al hecho de que una tercera variable actúa al mismo tiempo sobre ellas.

Tabla 3-3. Matriz de análisis estructural.

	V1	V2	V3	...	Vn	=Motricidad
V1		a12	a13	...	a1n	
V2	a21		a23	...	a2n	
V3	a31	a32		...	a3n	
...	
Vn	an1	an2	an3	...		

=Dependencia

Fuente: Elaboración propia

Finalmente es posible identificar las variables prioritarias para la reflexión prospectiva. Utilizando el método MICMAC (Matrices de Impactos Cruzados) (GODET, 1999) resulta más sencillo medir las relaciones directas entre variables y las relaciones indirectas.

Partiendo de la matriz de análisis estructural que se eleva al cuadrado, expresará las relaciones de orden 2 en la influencia que una variable “i” ejerce sobre otra variable “j”. Es decir que si el elemento a_{ij}^2 no es igual a cero, significará que al menos otra variable

intermedia (z), de manera que la variable “i” influye sobre “z” ($a_{iz}=1$) y que la variable “z” influye sobre “j” ($a_{zj}=1$).

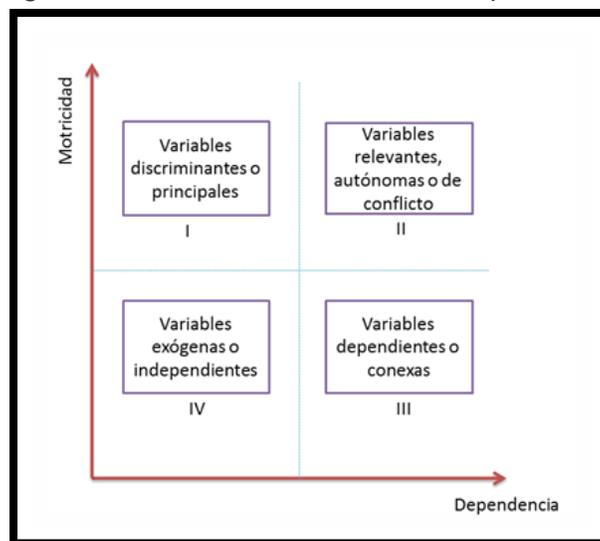
Continuando elevando la matriz a potencias de valores sucesivos se irá encontrando el número de caminos de influencia del orden del exponente, que relaciona las variables entre sí hasta que se establezca la jerarquía entre variables.

Si se realiza una suma de los elementos de cada fila y cada columna de la matriz que resulta de cada iteración, entonces la suma en fila indicará la cantidad de veces que la variable “i” ejerce una acción sobre el sistema. De lo contrario, la suma en columna indica la cantidad de veces que la variable “i” recibe la influencia de otras variables.

Utilizando los resultados de la suma de filas y columnas, es posible graficar las variables de acuerdo a su influencia (motricidad) y dependencia.

En resumen, al elevar la matriz de Impactos Cruzados a la potencia n (generalmente n=3 o 4), se presenta una característica matemática en donde los ordenes de magnitud entre los vectores suma de columna (dependencia) y fila (motricidad) para cada variable tienden a estabilizarse, por lo que se estabilizan las interrelaciones (directas e indirectas) entre variables, permitiendo así el análisis de su motricidad y dependencia en el sistema.

Figura 3.1: Gráfico de influencia vs dependencia.



Fuente: Elaboración propia

3.4 MODELOS DE ASIGNACIÓN

Los modelos de asignación se basan en la programación lineal y son sumamente utilizados en la actualidad como una herramienta para resolver grandes problemas que surgen en la práctica, ya que tiene una amplia disponibilidad de algoritmos eficientes.

Las condiciones que se deben buscar siempre, para poder resolver problemas utilizando programación lineal son las siguientes (Marín Pinillos, 1994):

1. Proporcionalidad. En el modelo de programación lineal se exige que tanto la función objetivo como la utilización de los recursos sean proporcionales al nivel de la actividad, es decir, si lo que se desea es duplicar el nivel de las actividades, bastará con duplicar las cantidades que intervienen para el nivel unitario.
Por ejemplo, si el costo de combustible de un camión con un semirremolque de tres ejes con caja de 40 pies es de X pesos el litro, mientras que si se utilizan 50 litros 50X (caso de proporcionalidad al nivel de la actividad en la función objetivo)
2. Aditividad. Esta condición presupone que la medida total de efectividad y la utilización de recursos resultantes de la operación conjunta de las actividades, debe igualar las sumas respectivas de éstas cantidades resultantes de la operación individual de las actividades.
Sólo la presencia conjunta de la proporcionalidad y la Aditividad, pueden garantizar la linealidad.
3. No negatividad. Mientras que cualquier múltiplo positivo de una actividad es posible, cantidades negativas para una actividad no son posibles.
Por ejemplo, supongamos el caso de transportar cierto producto. Aquí es imposible el transportar cantidades negativas de dicho producto.

A continuación se tratará el método dual – simplex, el cual es un procedimiento general muy eficiente para la resolución de problemas de programación lineal.

3.4.1 Método Dual – Simplex

Para resolver problemas de programación lineal, es posible hacerlo mediante el método simplex y el método dual – simplex. Estos procedimientos tienen sus bases en conceptos algebraicos; de manera que se utiliza un modelo matemático que describa el problema de forma lineal, es decir, todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales.

Para resolver un problema, se debe determinar una función objetivo y, además, se deben expresar matemáticamente todas las limitaciones del problema, por medio de funciones lineales llamadas restricciones.

El método simplex fue desarrollado por George Dantzing en el año de 1947. Su forma estándar resuelve problemas de maximización de recursos, utilizando restricciones de la forma \leq y restricciones de no negatividad sobre todas las variables, examinando los puntos extremos de la región de soluciones factibles.

Partiendo de la teoría que sugiere que para cada problema de programación lineal en su forma original (llamado primal), existe otro problema de programación lineal muy estrechamente relacionado con él, al cual se le denomina dual. De la misma manera, cada problema primal es resuelto por el método simplex, mientras que el problema dual es resuelto por método dual – simplex.

Tabla 3-4. Tabla primal – dual para programación lineal.

		PRIMAL \leq						
		x_1	x_2	...	x_j	...	x_n	Min
DUAL	y_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}	b_1
	y_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2n}	b_2
	:	:	:	...	:	...	:	:
	y_i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}	b_i
	:	:	:	...	:	...	:	:
		a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mj}	...	a_{mn}	b_m
\geq		Max	c_1	c_2	...	c_j	...	c_n

Fuente: Elaboración propia basado en (Marín Pinillos, 1994)

Recordando que el principal objetivo de esta tesis es conocer el mercado potencial del cabotaje, y uno de los puntos a cubrir incluye analizar la posición competitiva del cabotaje ante el transporte terrestre; lo que se buscará será minimizar los costos de transporte, utilizando el método dual – simplex.

4. PROPUESTA METODOLÓGICA

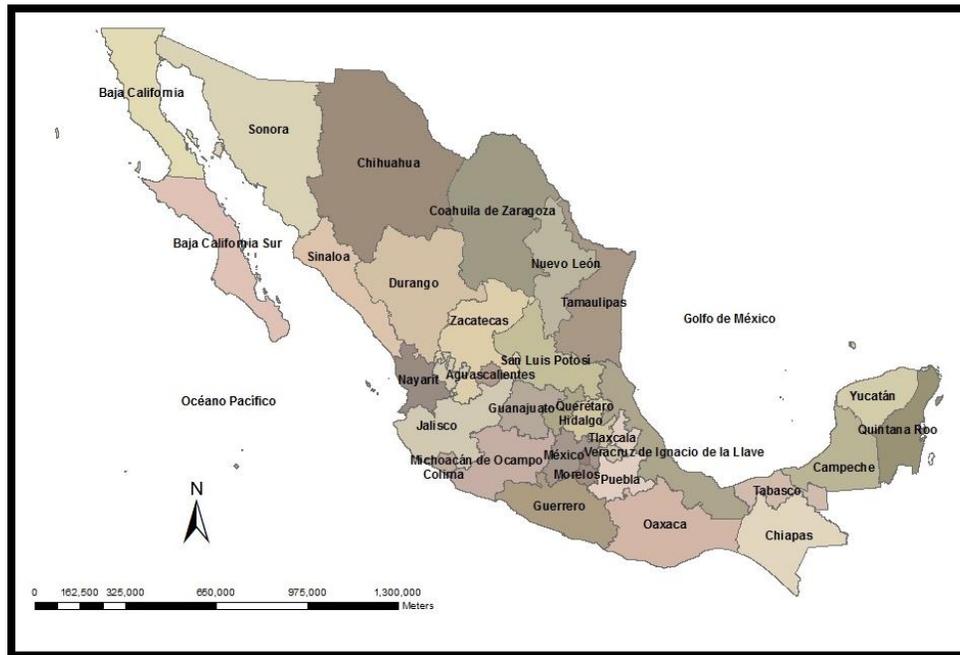
4.1 ANÁLISIS O – D.

4.1.1 Definición de área geográfica

Dentro de la primera etapa es necesario elegir el área geográfica que se desea estudiar; debido a que se está estudiando el caso de México, existen dos zonas importantes en el caso marítimo:

- El Golfo de México, cuyos estados mexicanos colindantes son Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán. Cabe mencionar que dentro de este Golfo existen importaciones y exportaciones de mercancía a E.U.A., principalmente a Brownsville, Corpus Christi y Galveston.
- Mientras que el Océano Pacífico comunica a los estados de Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas; destacando que el Golfo de California o Mar de Cortés es una extensión del océano Pacífico y se ubica entre la península de California y los estados de Sonora y Sinaloa.

Figura 4.1: Mapa de la República Mexicana, ubicación de Golfo de México y Océano Pacífico.



Fuente: Elaboración propia

Dentro de los estados anteriormente mencionados, se encuentran diversos puertos marítimos de cabotaje, a continuación se muestran los principales:

Tabla 4-1. Puertos marítimos de cabotaje en México.

Océano Pacífico		Golfo de México	
Estado	Puerto	Estado	Puerto
Baja California	Cedros	Tamaulipas	Altamira
	El Sauzal		Tampico
	Ensenada	Veracruz	Coatzacoalcos
	Rosarito		Tuxpan
Baja California Sur	Guerrero Negro	Yucatán	Veracruz
	La Paz		Las Coloradas
	Pichilingue	Progreso	
	Santa Rosalía		
	San Carlos		
	San Juan de la Costa		
	Isla San Marcos		
	Punta Santa María		
Chiapas	Puerto Chiapas		
Colima	Manzanillo		
Guerrero	Acapulco		
Michoacán	Lázaro Cárdenas		
Oaxaca	Salina Cruz		
	Mazatlán		
Sinaloa	Topolobampo		
	Guaymas		
Sonora	Puerto Libertad		

Nota. Los puertos marcados en negritas son los puertos de mayor relevancia dentro del país, basado en las toneladas de entrada/salida al año.

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

4.1.2 Flujo O-D por sentido

Después de haber determinado el área geográfica a estudiar es de suma importancia que se defina el sentido de la carga, esto debido a que los flujos de las mercancías por familias logísticas no se comportan de la misma manera, tanto en dirección como en proporción. Dentro de los siguientes puntos se muestra la mercancía nacional que se mueve en el Océano Pacífico y en el Golfo de México, mientras que dentro del **Anexo 1** y **Anexo 2**, se muestra el flujo de mercancía internacional que se mueven dentro de las mismas zonas. Al finalizar este análisis se habrán definido claramente los orígenes y destinos a estudiar.

Dentro de los litorales del país, la diversa carga se mueve en diferentes sentidos y diferentes proporciones, esto debido a las diferentes necesidades de cada estado. En la siguiente tabla se describe, de forma general, el tipo de carga que se mueve dentro del Océano Pacífico, tanto de norte a sur, como de sur a norte.

Cabe destacar que la información obtenida del Anuario Estadístico de los Puertos de México 2011 creado por la SCT muestra la carga nacional total de cabotaje que se maneja dentro de esta zona, tomando en cuenta que la importancia de este trabajo es determinar el mercado potencial del cabotaje en México, algunos datos no son relevantes para este estudio y fueron descartados tres casos, los cuales son los que se muestran a continuación:

1. Carga que se mueve de terminal a terminal dentro del mismo puerto, es decir, trasiego interno,
2. carga cuyo origen es el mar abierto y destino es algún puerto,
3. carga que únicamente cuenta con información sobre Estado destino y no sobre el puerto de destino.

Tabla 4-2. Carga nacional de cabotaje 2011 en el Océano Pacífico, toneladas por sentido.

Sentido de la carga	Toneladas (miles)
Sur a norte	27,907.99
Norte a sur	19,847.55
Sur a norte, Golfo-Pacífico (vía Panamá)	41.05
Norte a sur, Pacífico-Golfo (vía Panamá)	20.00
Total general	47,816.59

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

En la tabla 4-2 se observa que la carga de sur a norte es mayor que de norte a sur y existe una pequeña proporción que va del Océano Pacífico al Golfo de México que cruza mediante el Canal de Panamá.

Mientras que en la tabla 4-3 se observa que en el Golfo de México la mayor parte de la carga total se mueve de este a oeste.

Además, es posible determinar que la suma total que se mueve dentro del Océano Pacífico y dentro del Golfo de México es de 57,241.83 toneladas, mismo que se aproxima a la estimación declarada por el IMT; es importante acentuar que dentro de este análisis

la información se registra dos veces, al entrar y al salir del puerto, lo que implica que la carga real es la mitad, es decir 28,620.91 toneladas.

Tabla 4-3. Carga nacional de cabotaje 2011 en el Golfo de México, toneladas por sentido.

Sentido de la carga	Toneladas (miles)
Este a oeste	5,148.92
Oeste a este	4,013.40
Este a oeste, Pacífico-Golfo (vía Panamá)	173.10
Oeste a este, Golfo-Pacífico (vía Panamá)	89.81
Total general	9,425.24

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

4.1.3 Mercancías por familias logísticas

A continuación, es necesario seleccionar la clase de producto que se desea estudiar, es decir, si se trata de:

- gráneles agrícolas,
- gráneles minerales,
- fluidos y gaseosos (petróleos y derivados),
- carga contenerizada,
- carga tradicional suelta (ensacado, suelto) y
- otra carga (animales, forestales, especiales, refrigerada)

La información estadística que la SCT maneja incluye la siguiente categoría de familias logísticas, misma que se utilizará para el análisis.

Tabla 4-4. Familias logísticas.

Familias logísticas [Volumen]					
Gráneles agrícolas	Gráneles minerales	Petróleo y derivados	Carga general contenerizada	Carga general suelta	Otros *

Fuente: Elaboración propia con base a la SCT.

*Fluidos (exceptuando petróleo y derivados), carga refrigerada y carga especial

La carga a granel se refiere a mercancía en grandes cantidades suelta, ya sea sólida, líquida o gaseosa, que es posible trasladarla por medio de tolvas o cisternas. La carga a granel sólida que la SCT segmenta son dos principalmente: gráneles agrícolas y gráneles minerales. Dentro de la primera categoría se tiene: granos como maíz, arroz, secos residuales, entre otros, azúcar, trigo, gluten de maíz. Mientras que en los gráneles minerales se tiene: sulfato de amonio, fosfato, fluorita, manganeso, etc.

La carga de petróleo y derivados, como se nombre lo indica, se refiere al petróleo crudo y productos procesados que utilizan como materia prima el petróleo, por ejemplo: diésel, gasolina, diluyentes, turbosina, entre otros.

La carga general contenerizada se refiere a la transportada por medio de contenedores. El contenedor es una caja con dimensiones generalmente de 8 pies de ancho, 8 pies de alto y el largo varía entre 8, 10, 20, 40, 45, 48 y 53 pies, la cual está construida con materiales resistentes como el acero y recubierta con pintura protectora y dentro del contenedor se carga la mercancía.

La carga general suelta se refiere a la carga que no necesita embalaje, por ejemplo, rieles, máquinas, tubos, lingotes, carrocerías, motores, etc.

Finalmente, la familia logística denominada como “otros” se refiere a carga como:

- carga líquida que no incluye al petróleo y derivados, por ejemplo, miel de caña, productos químicos, azufre líquido, ron, etc.,
- carga refrigerada (carga que necesita de cierta temperatura durante su viaje O – D, como son: los artículos perecederos, productos farmacéuticos, entre otros).

Así como a la carga especial:

- carga extra-dimensionada (maquinarias, objetos de grandes dimensiones),
- carga peligrosa,
- carga valiosa (oro, licores de gran calidad, obras de arte, etc.),
- animales.

La finalidad de este apartado es conocer qué mercancía se transporta por cabotaje y saber cuál es la que se mueve por este medio actualmente.

En la tabla 4-5 se muestra el tipo de carga que se transporta por sentido en el Océano Pacífico, en la misma se observa que la carga de sur a norte es principalmente de la familia de petróleo y derivados, mientras que de norte a sur, la familia logística con mayor relevancia es el granel mineral.

En el caso del Golfo de México (tabla 4-6) se observa que la principal familia logística que se transporta es: petróleo y derivados, siendo la carga de este a oeste, la mayor. Cabe destacar que no existe información del Puerto de Pajaritos y, por tanto, algunos

movimientos desde/hacia este puerto no se han podido detectar y no forman parte de este análisis.

Tabla 4-5. Carga Nacional 2011 en el Océano Pacífico, toneladas por familia logística por sentido.

Familia Logística por sentido	Toneladas (miles)
Sur a norte	27,907.99
Petróleo y derivados	17,165.68
Granel mineral	8,067.96
General suelta	2,674.35
Norte a sur	19,847.55
Granel mineral	15,890.92
General suelta	3,289.56
Petróleo y derivados	622.29
Granel agrícola	44.78
Sur a norte, Golfo-Pacífico (vía Panamá)	41.05
Granel mineral	41.05
Norte a sur, Pacífico-Golfo (vía Panamá)	20.00
Granel agrícola	20.00
Total general	47,816.59

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 4-6. Carga Nacional 2011 en el Golfo de México, toneladas por familia logística por sentido.

Familia Logística por sentido	Toneladas (miles)
Este a oeste	5,148.92
Petróleo y derivados	5,104.06
Granel mineral	43.74
General suelta	1.12
Oeste a este	4,013.40
Petróleo y derivados	2,738.93
Granel mineral	1,223.78
General suelta	50.69
Este a oeste Pacífico-Golfo (vía Panamá)	173.10
Granel mineral	147.88
Granel agrícola	20.00
Otros fluidos	5.22
Oeste a este Golfo-Pacífico (vía Panamá)	89.81
Petróleo y derivados	48.76
Granel mineral	41.05
Total general	9,425.24

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Con lo anterior, es posible observar que tanto en el Golfo de México, como en el Océano Pacífico existe prácticamente el mismo comportamiento, ya que se tienen flujos por familias logísticas, por ejemplo, en el Océano Pacífico de sur a norte se transporta petróleo y derivados, granel mineral y general suelta, mientras que en el Golfo de México, de este a oeste, se transporta Petróleo y derivados, granel minera y general suelta. Aunque no sea el mismo sentido, se visualiza una similitud entre ambas áreas marinas, por esta razón y para delimitar más el área de estudio se comenzará a analizar el caso del Océano Pacífico debido a la complejidad de sus flujos, ya que el problema fundamental se puede resolver de la misma manera para cualquier caso.

4.1.4 Ordenamiento de información por O – D

Una vez determinada el área geográfica de estudio y las familias logísticas, es importante clasificar la información por sentido, tomando en cuenta si se trata de comercio exterior o comercio doméstico. Determinar el tipo de comercio es significativo para establecer las variables implicadas como los costos involucrados en cada caso y la distancia, es decir que para este punto se tendría una tabla para cada familia logística por sentido.

Tabla 4-7. Familias logísticas por flujos y tipo de comercio.

Familias logísticas comercio exterior							
Flujo	Origen - destino	Volumen					
		Gráneles agrícolas	Gráneles minerales	Petróleo y derivados	Carga general contenerizada	Carga general suelta	Otros*

Familias logísticas comercio doméstico							
Flujo	Origen - destino	Volumen					
		Gráneles agrícolas	Gráneles minerales	Petróleo y derivados	Carga general contenerizada	Carga general suelta	Otros*

Fuente: Elaboración propia.

*Fluidos (exceptuando petróleo y derivados), carga refrigerada y carga especial

En las siguientes tablas 4-8, 4-9 y 4-10 se presenta el movimiento nacional de carga dentro del Océano Pacífico, para el sentido sur-norte, cabe mencionar que el resultado son tres matrices debido a que no todas las familias logísticas se transportan por este medio y en este sentido.

Tabla 4-8. Matriz Origen-Destino de cabotaje general suelta, en el Océano Pacífico con sentido: sur a norte.

Tipo		Nacional										
Sentido		SN										
Familia logística		General suelta										
Ton. (miles). Puerto Origen	Puerto Destino											Total general
	Bahía de Tortugas	El Sauzal	Ensenada	Guaymas	Islas Coronado	La Paz	Manzanillo	Pichilingue	Rosarito	Santa Rosalia	Topolobampo	
Ensenada									0.50			0.50
Guaymas										6.14		6.14
Isla San Marcos										3.51		3.51
Islas de Cedros	0.20	0.00	1.22									1.42
Lázaro Cárdenas			17.48			7.23	0.91	13.62			13.36	52.60
Manzanillo		0.84	0.14					42.22				43.19
Mazatlán						1,320.16						1,320.16
Pichilingue											1,243.63	1,243.63
Rosarito					0.50							0.50
Santa Rosalia				2.70								2.70
Total general	0.20	0.84	18.83	2.70	0.50	1,327.39	0.91	55.83	0.50	9.65	1,256.99	2,674.35

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 4-9. Matriz Origen-Destino de cabotaje granel mineral, en el Océano Pacífico con sentido: sur a norte.

Tipo	Nacional					
Sentido	SN					
Familia logística	Granel mineral					
Toneladas (miles).	Puerto Destino					
Puerto Origen	El Sauzal	Ensenada	Guaymas	Islas de Cedros	Topolobampo	Total general
Guerrero Negro				7,302.91		7,302.91
Isla San Marcos		26.25	13.43			39.68
Lázaro Cárdenas					142.63	142.63
Manzanillo	60.09		5.84			65.93
Punta China		490.55				490.55
Santa Rosalia		26.25				26.25
Total general	60.09	543.05	19.27	7,302.91	142.63	8,067.96

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 4-10. Matriz Origen-Destino de cabotaje petróleo y derivados, en el Océano Pacífico con sentido: sur a norte.

Tipo	Nacional									
Sentido	SN									
Familia logística	Petróleo y derivados									
Ton. (miles).	Puerto Destino									
Puerto Origen	Acapulco	Guaymas	La Paz	Lázaro Cárdenas	Manzanillo	Mazatlán	Puerto Libertad	Rosarito	Topolobampo	Total general
Lázaro Cárdenas					157.59	59.18	92.85			309.61
Salina Cruz	36.95	1,741.56	1,039.75	2,705.13	4,830.81	119.80	1,237.97	1,412.92	3,731.19	16,856.07
Total general	36.95	1,741.56	1,039.75	2,705.13	4,988.40	178.97	1,330.81	1,412.92	3,731.19	17,165.68

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Con lo anterior se observa que la familia logística con mayor carga, de sur a norte, es la de petróleo y derivados.

A continuación se presentan las matrices Origen-Destino para la carga de norte a sur, en donde resultan cuatro familias logísticas (general suelta, granel agrícola, granel mineral y petróleo y derivados) que son transportadas en este sentido dentro del Océano Pacífico.

Tabla 4-11. Matriz Origen-Destino de cabotaje general suelta, en el Océano Pacífico con sentido: norte a sur.

Tipo	Nacional							
Sentido	NS							
Familia logística	General suelta							
Toneladas (miles).	Puerto Destino							
Puerto Origen	Isla San Marcos	Islas de Cedros	La Paz	Mazatlán	Pichilingue	Puerto Chiapas	Santa Rosalia	Total general
Ensenada		0.92						0.92
Guaymas							1.98	1.98
Guerrero Negro				34.59				34.59
La Paz				349.07				349.07
Pichilingue			449.21					449.21
Santa Rosalia	3.47							3.47
Topolobampo					2,444.40	5.92		2,450.32
Total general	3.47	0.92	449.21	383.66	2,444.40	5.92	1.98	3,289.56

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 4-12. Matriz Origen-Destino de cabotaje granel agrícola, en el Océano Pacífico con sentido: norte a sur.

Tipo	Nacional		
Sentido	NS		
Familia logística	Granel agrícola		
Toneladas (miles).	Puerto Destino		
Puerto Origen	Puerto Chiapas	Salina Cruz	Total general
Topolobampo	5.92	38.86	44.78
Total general	5.92	38.86	44.78

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 4-13. Matriz Origen-Destino de cabotaje granel mineral, en el Océano Pacífico con sentido: norte a sur.

Tipo	Nacional				
Sentido	NS				
Familia logística	Granel mineral				
Toneladas (miles).	Puerto Destino				
Puerto Origen	Islas de Cedros	La Paz	Lázaro Cárdenas	Pichilingue	Total general
Guaymas		45.42	4,378.38		4,423.80
Guerrero Negro	7,128.73				7,128.73
Islas de Cedros			12.01		12.01
Manzanillo			2,065.21		2,065.21
San Juan de la Costa			1,915.74		1,915.74
Topolobampo				345.42	345.42
Total general	7,128.73	45.42	8,371.34	345.42	15,890.92

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 4-14. Matriz Origen-Destino de cabotaje petróleo y derivados, en el Océano Pacífico con sentido: norte a sur.

Tipo		Nacional			
Sentido		NS			
Familia logística		Petróleo y derivados			
Toneladas (miles).		Puerto Destino			
Puerto Origen	Acapulco	Lázaro Cárdenas	Pichilingue	Salina Cruz	Total general
Guaymas	181.74	4.46			186.19
La Paz	153.01	6.25			159.26
Lázaro Cárdenas	7.04			66.37	73.41
Manzanillo	8.94	3.09			12.03
Mazatlán	13.77	24.12			37.89
Topolobampo	55.73	4.94	92.82		153.50
Total general	420.24	42.86	92.82	66.37	622.29

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

En este sentido, la mayor carga que se observa es de la familia logística granel mineral, la principal materia prima que se transporta del puerto de Guerrero Negro a Islas de Cedros es de sal a granel.

Dos movimientos especiales que se realizan son: de sur a norte, desde el Golfo de México hacia el Océano Pacífico; y, de norte a sur, del Océano Pacífico al Golfo de México; ambos atravesando el continente mediante el canal de Panamá.

Tabla 4-15. Matriz Origen-Destino de cabotaje, carga granel mineral, con sentido: sur a norte, Golfo de México – Océano Pacífico, atravesando el Canal de Panamá.

Tipo		Nacional	
Sentido		SN Golfo-Pacífico (vía Panamá)	
Familia logística		Granel mineral	
Toneladas (miles).		Puerto Destino	
Puerto Origen	Altamira	Lázaro Cárdenas	Total general
		41.05	41.05
Total general		41.05	41.05

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 4-16. Matriz Origen-Destino de cabotaje, carga granel agrícola, con sentido: norte a sur, Océano Pacífico – Golfo de México, atravesando el Canal de Panamá.

Tipo		Nacional	
Sentido		NS Pacífico-Golfo (vía Panamá)	
Familia logística		Granel agrícola	
Toneladas (miles).		Puerto Destino	
Puerto Origen	Topolobampo	Progreso	Total general
		20.00	20.00
Total general		20.00	20.00

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

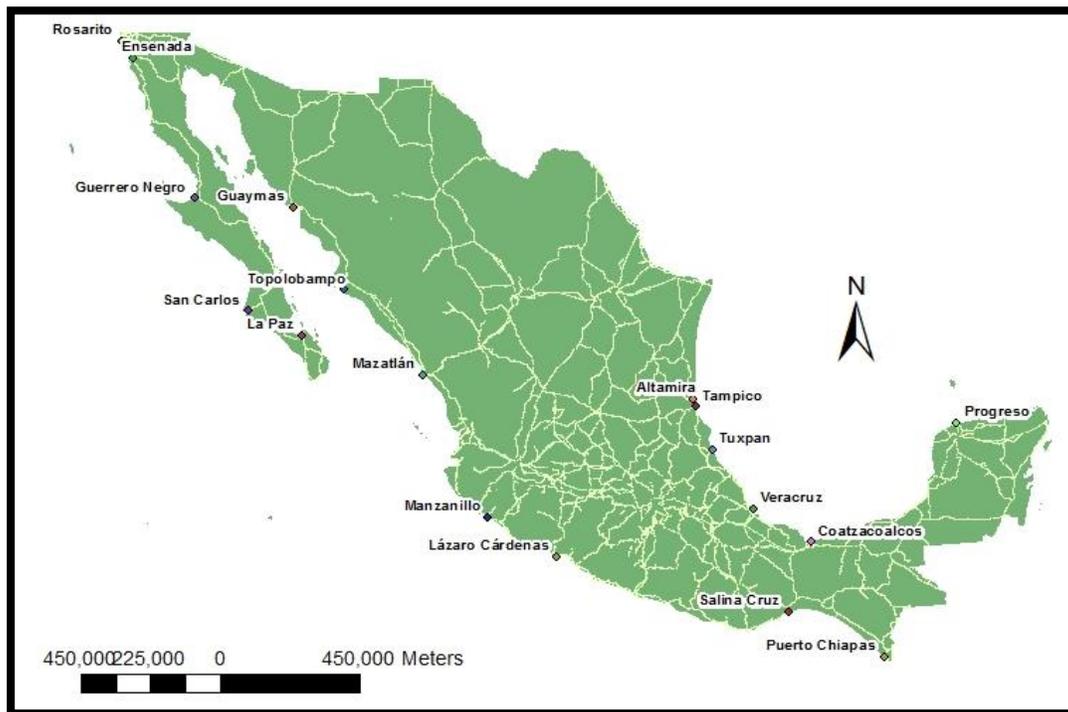
Dentro del **Anexo 3** se presenta información ordenada por Origen – Destino del Golfo de México.

4.2 RED DE TRANSPORTE O – D

Conociendo los datos sobre origen – destino por familias logísticas dependiendo la demanda de cabotaje es necesario determinar la red de transporte terrestre que tenga la posibilidad de competir con el transporte marítimo.

En el caso del autotransporte en México, existe un gran desarrollo en cuanto a infraestructura que fácilmente conecta diversos puntos del país, por esta razón el autotransporte es el medio de transporte más competitivo con 371,936 km (El Banco Mundial, 2013) de carreteras de todo tipo en el año 2010, es posible observarlo mediante la figura 4.2.

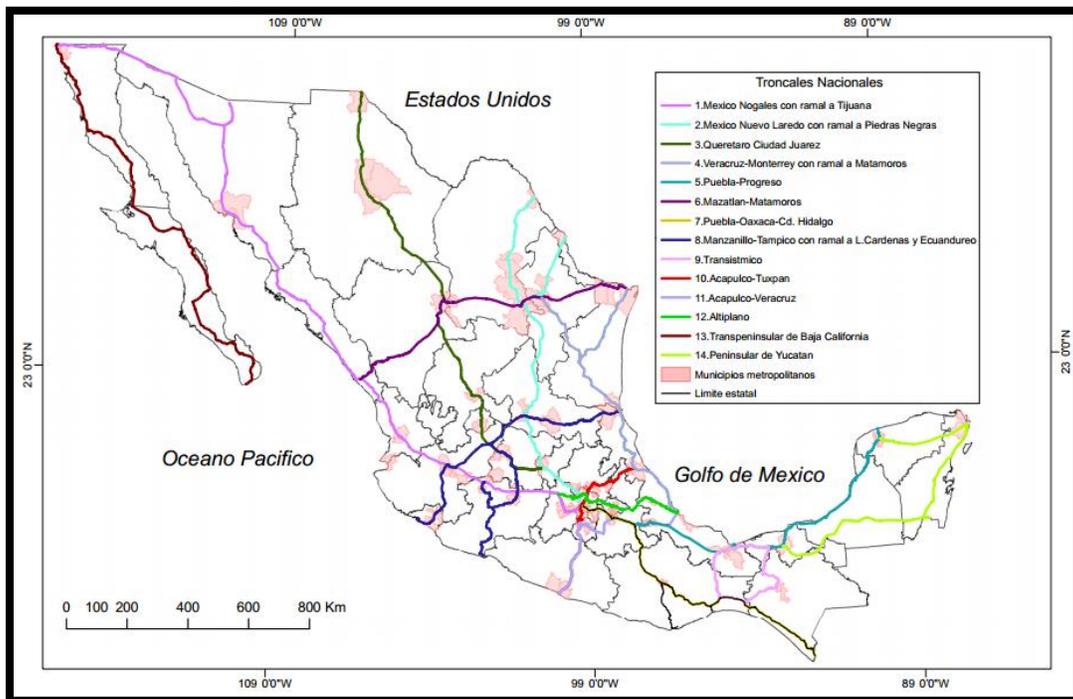
Figura 4.2: Carretera federal principal y autopista



Fuente: Elaboración propia con Cartografía INEGI

Es importante señalar que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, definió 14 principales corredores carreteros del país para unir zonas de producción industrial y agropecuaria, así como zonas urbanas y centros turísticos de suma importancia, con los principales puertos fronterizos (terrestres y marítimos) del país, como se muestra en la figura 4.3, cabe destacar que algunos tramos son libres, esto quiere decir que circular por ellas no tiene costo y otros son de cuota, en las que se debe pagar un peaje para utilizarlas. En la Administración 2013-2018, se comenzará con un decimoquinto corredor que conectará a Salina Cruz con Tepic por la costa del Pacífico (Secretaría de Gobernación, 2013).

Figura 4.3: Corredores del sistema carretero nacional



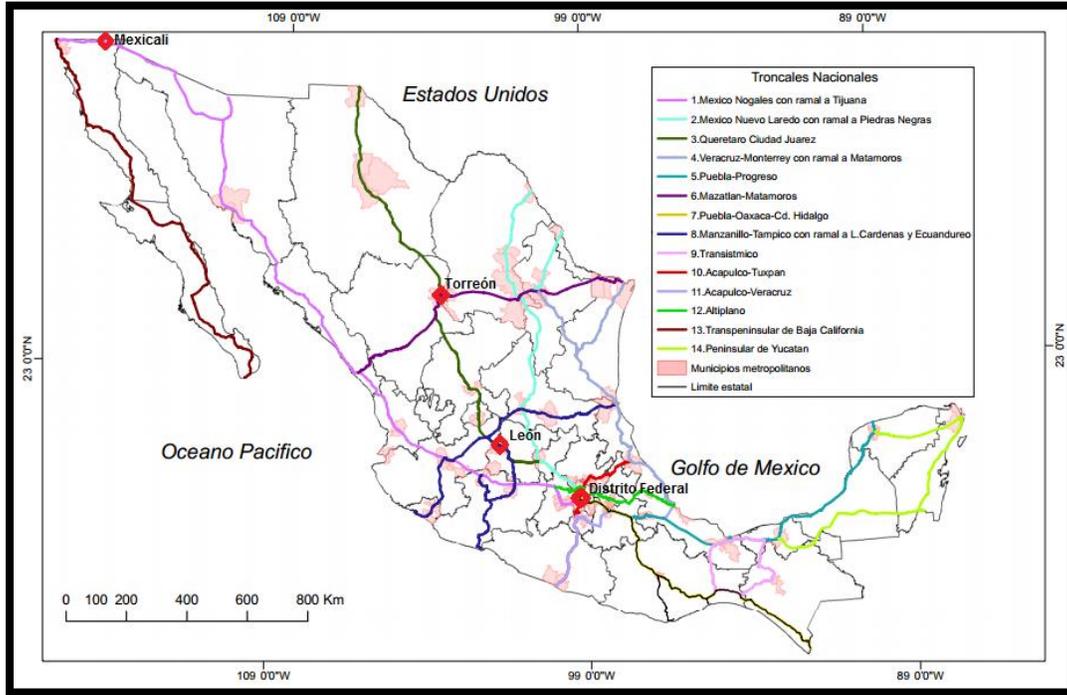
Fuente: Rosalía Camacho Lomelí, 2000.

Para el propósito de esta tesis, es sustancial determinar nodos virtuales, los cuales son puntos específicos logísticos en donde se concentra un número considerable de mercado potencial. En la figura 4.4 se muestran los nodos virtuales para el autotransporte, que fueron determinados debido al grado de importancia dependiendo su conexión con lugares donde se encuentra el mercado.

La importancia del primer nodo, Mexicali, radica en que es un punto que se encuentra en la frontera norte del país, donde existe intercambio de mercancía, además, en este punto

se conecta el corredor México – Nogales, con el corredor que baja por la península de Baja California (Transpeninsular de Baja California).

Figura 4.4: Autotransporte, nodos virtuales.



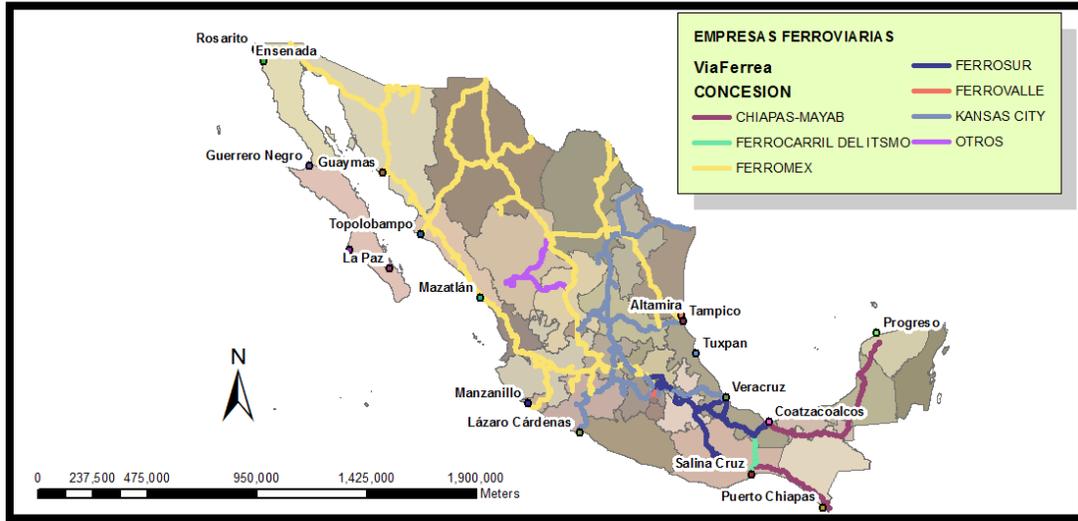
Fuente: Elaboración propia basado en Rosalía Camacho Lomelí, 2000.

El nodo ubicado en la ciudad de Torreón es de suma importancia debido a que es en este punto donde entroncan dos corredores, el primero es Querétaro – Ciudad Juárez, el cual es un eje de comunicación que conecta una de las zonas industriales del país más importante con la frontera de Ciudad Juárez. El segundo corredor que atraviesa por este punto es Mazatlán – Matamoros, la importancia de este corredor radica en que conecta uno de los puertos principales del país con la Zona Metropolitana de Monterrey y con la frontera de Matamoros, adicionalmente este corredor atraviesa el corredor de México – Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras y el de Veracruz – Monterrey con ramal a Matamoros, lo cual es de gran relevancia ya que el Puerto de Veracruz es de los puertos principales del país.

El nodo de León es otro punto de gran importancia, ya que se encuentra ubicado dentro del ramal Lázaro Cárdenas – Ecuandureo, que forman parte del corredor Manzanillo – Tampico. La importancia de este corredor reside en la conexión de tres de los principales puertos del país Lázaro Cárdenas, Manzanillo y Tampico.

El nodo ubicado en el Distrito Federal, es de suma relevancia debido a que es un punto de gran consumo del país, además de que comunica con el Golfo de México, la península de Yucatán y el norte del país.

Figura 4.5: Red ferroviaria y puertos marítimos de México



Fuente: Elaboración propia basado en INEGI

El transporte ferroviario es más limitado que el carretero, a continuación se presenta una figura que muestra la red ferroviaria (figura 4.5), en donde se observa que varios puertos marítimos se encuentran ubicados cerca del acceso al transporte ferroviario, de esta manera, en algunos casos será posible que el transporte ferroviario compita con el cabotaje. Además, dentro de dicha figura, es posible conocer las diferentes empresas que operan el transporte ferroviario dentro del país.

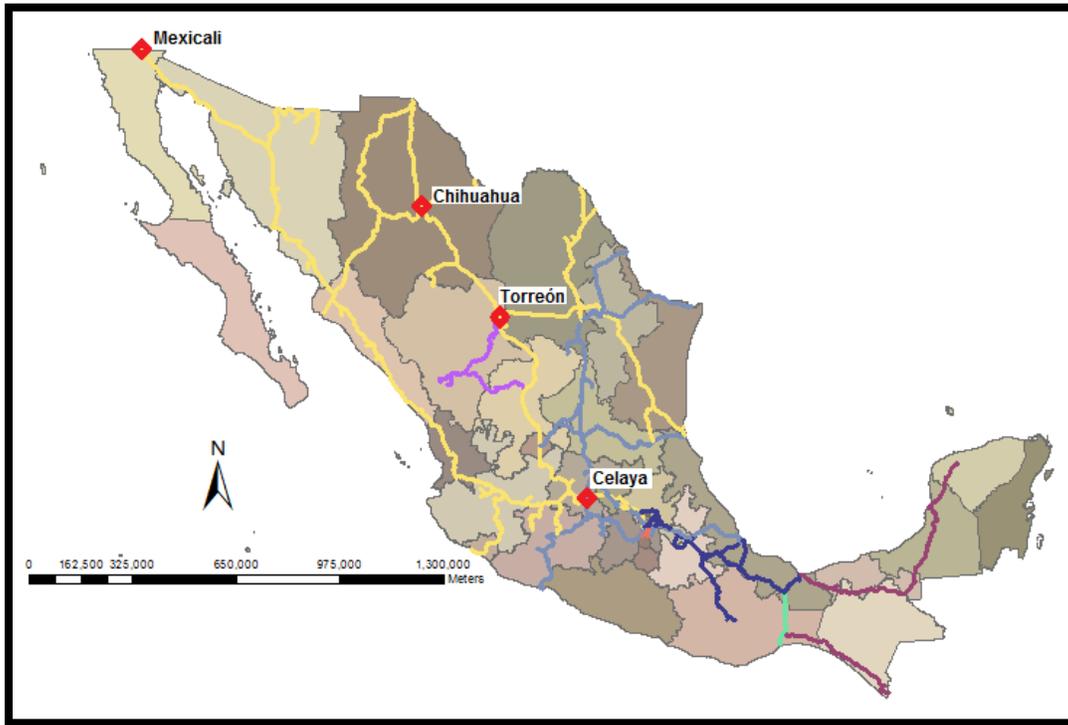
La figura 4.6 muestra cuatro nodos virtuales (Mexicali, Chihuahua, Torreón y Celaya), que se seleccionaron como puntos de encuentro virtuales claves de la oferta y la demanda.

El punto de Mexicali se seleccionó debido a que es el punto más cercano a la Península de California y, además, se encuentra en la frontera con Estados Unidos de América, lo cual indica un punto de comercio exterior, esta línea ferroviaria esta concesionada por Ferromex.

El nodo de Chihuahua, se definió debido a que la red conecta con el norte del país, es decir que la vía de Ferromex va desde Chihuahua hacia Ciudad Juárez. Además, hacia el suroeste de Chihuahua, conecta con el puerto de Guaymas y con el de Topolobampo y

hacia el sur con el Puerto de Mazatlán. Por otra parte, tiene una línea directa que va hacia el siguiente nodo virtual que está ubicado en la ciudad de Torreón.

Figura 4.6: Ferrocarril - nodos virtuales.



Fuente: Elaboración propia

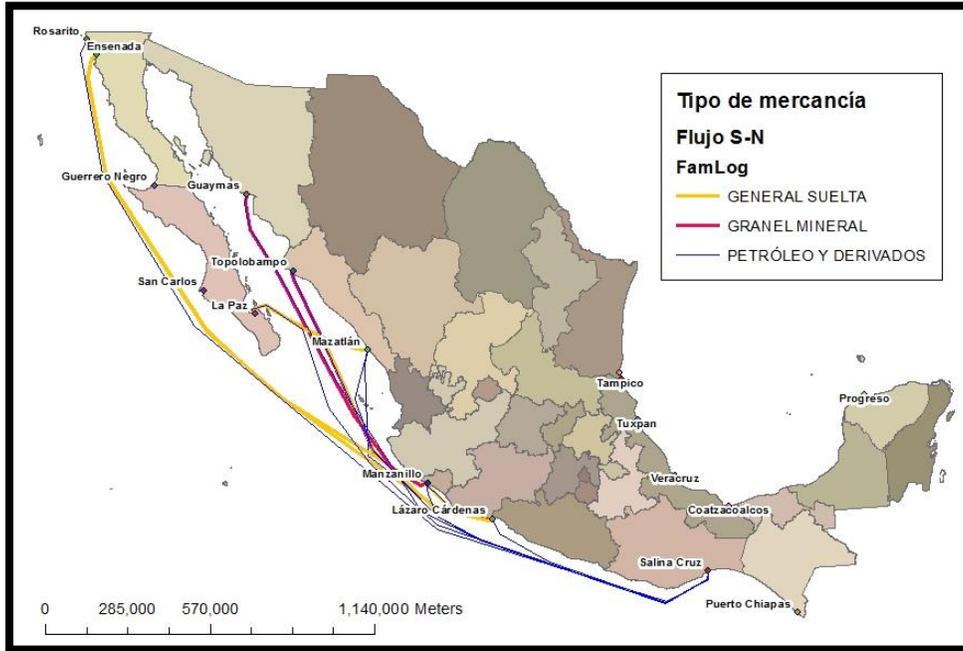
Las vías del nodo de Torreón comunican al norte con Ciudad Acuña y Piedras Negras (por medio de vías ferroviarias de Ferromex), los cuales son puntos de comercio exterior; además, existen un intercambio con las vías de Kansas City que comunican con Nuevo Laredo, Reynosa y Matamoros. Estos tres puentes fronterizos: el Laredo/Nuevo Laredo, McAllen/Reynosa y Brownsville/Matamoros se encuentran en el estado de Tamaulipas, siendo el de mayor importancia el Laredo/Nuevo Laredo, según estudios (Camacho Lomelí, 2005).

Finalmente, Celaya se seleccionó debido a que es un lugar donde existe mucha afluencia de diversas industrias, es un punto clave en el centro del país. Además, es un punto en donde existe intercambio entre vías de Ferromex y de Kansas City.

Es importante hacer notar que la mayoría de las vías de ferrocarril son sencillas, lo cual implica que un sentido de la vía siempre va a tener preferencia de paso con respecto a su sentido opuesto.

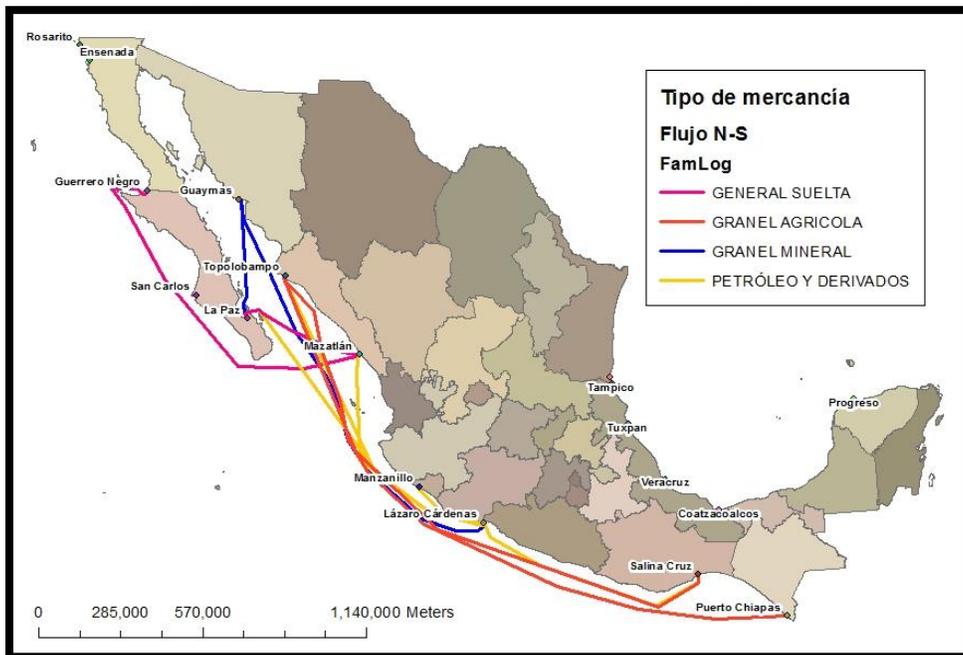
Ahora bien, las figura 4.7, 4.8 y 4.9 muestran las rutas de cabotaje por familia logística, cabe señalar que las rutas no son exactas debido a que no existen rutas trazadas, aunque se debe considerar que al ser cabotaje, los barcos deben navegar cerca de la costa.

Figura 4.7: Flujo de sur a norte por familia logística



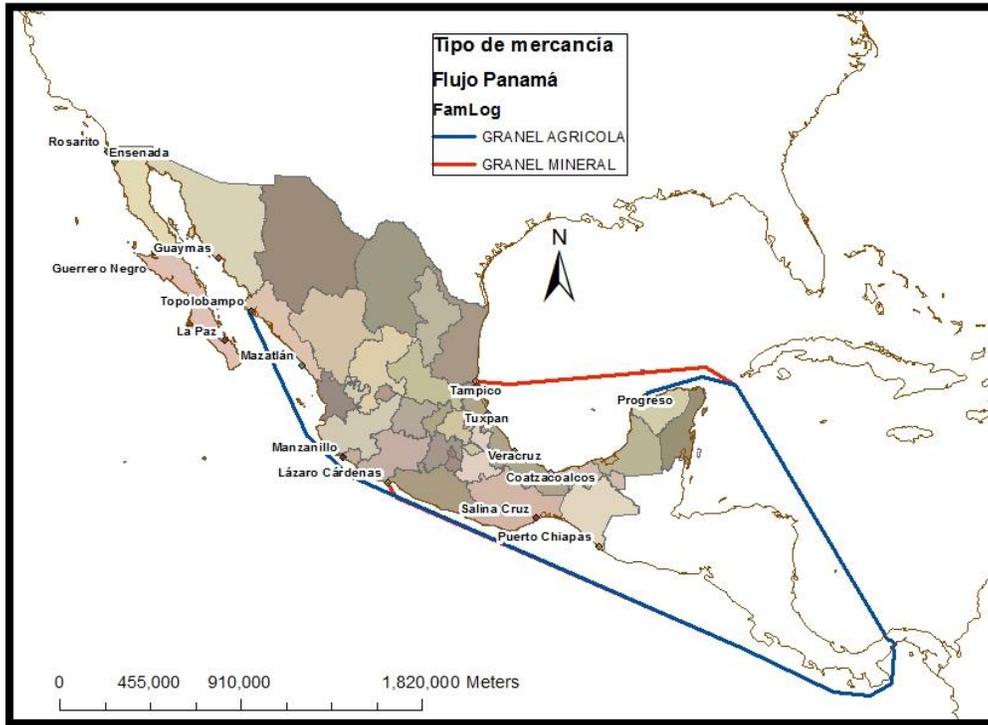
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Flujo de norte a sur por familia logística



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Flujo por el Canal de Panamá por familia logística



Fuente: Elaboración propia

Nota: Sur a norte Altamira-Lázaro Cárdenas
Norte a sur Topolobampo-Progreso

Después de haber determinado las rutas de ferrocarril que tienen acceso a puertos, es conveniente determinar los casos de competencia que se presentarán para el arbitraje entre cabotaje y transporte terrestre, los cuales son los siguientes:

1. **Cabotaje vs ferrocarril.** Este caso se va a presentar cuando en el puerto origen y el puerto destino exista servicio de ferrocarril y la carga sólo se pueda mover por ferrocarril. Las familias logísticas que compiten dentro de esta categoría son: granel mineral y granel agrícola.
2. **Cabotaje – ferrocarril vs autotransporte.** De la misma manera que en el caso anterior, se debe contar con servicio ferroviario, además será necesario que la carga transportada también se pueda mover por autotransporte. Las familias que compiten dentro de esta categoría son: carga general suelta, contenerizada, petróleo y derivados y otros.
3. **Cabotaje – autotransporte vs autotransporte.** Este caso se aplicará cuando los puertos no cuenten con acceso ferroviario. Por lo general, se trata de carga que se mueve exclusivamente por autotransporte. Las familias son: carga general suelta, contenerizada, petróleo y derivados y otros.

4.3 COSTOS DE TRANSPORTE

Cada tipo de transporte contempla diferentes costos, dentro de este apartado se conocerán los costos que implica cada tipo de transporte.

4.3.1 Costos de autotransporte

Los costos de autotransporte en México se basan en el programa de cómputo Vehicle Operating Cost (VOC), el cual se creó a partir de modelos matemáticos desarrollados por el Banco Mundial en 1987 (The Highway Design and Maintenance Standards Model, version 3 - HDM III). Para el caso de México, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) ha adaptado dicho programa a las características técnicas de los vehículos que operan en México, denominando al nuevo programa como VOCMEX.

En la publicación Costos de Operación Base de los Vehículos representativos del transporte urbano 2012 (Instituto Mexicano del Transporte , 2012) se detalla un procedimiento sencillo para estimar costos de operación básicos de vehículos representativos del tránsito interurbano, en función del alineamiento geométrico y del estado superficial de las carreteras.

El VOCMEX reconoce siete tipos de vehículos diferentes, de los cuales se tratarán únicamente los que corresponden a vehículos de carga, los cuales son: camión unitario de tres ejes C3, tractor de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y tractor de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes.

El modelo VOCMEX utiliza características técnicas de los vehículos para determinar los costos de operación, estas características son: peso del vehículo vacío [kg], carga útil [kg], velocidad deseada [km/h], área frontal proyectada [m^2], y velocidad calibrada del motor [RPM], factor de eficiencia energética [adimensional], potencia máxima en operación [HP métrico], la potencia máxima del freno [HP métrico], coeficiente aerodinámico de arrastre [adimensional] y factor de ajuste de combustible [adimensional].

Se deben conocer las características de los neumáticos, tales como: precio de llantas nuevas y costo del renovado [fracción], número de llantas por vehículo [adimensional], volumen de hule utilizable por llanta [dm^3], máximo número de renovaciones [adimensional], término constante del modelo de desgaste [m^3/m] y coeficiente de desgaste [$10E-3 dm^3/kj$].

Asimismo, se deben conocer las características de la carretera como: tipo de superficie [por medio de código], rugosidad promedio [m/km], pendiente media ascendente y descendente [%], proporción de viaje ascendente [%], curvatura horizontal promedio [°/km], peralte [fracción], altitud del terreno [m] y número efectivo de carriles [por medio de código].

También datos sobre la utilización del vehículo, como son: el número de kilómetros y horas conducidos por año, vida útil promedio de servicio, edad del vehículo en kilómetros, y costos unitarios como el precio del vehículo nuevo, costo del combustible [\$/l] y de los lubricantes [\$/l], costo por llanta nueva [\$/llanta], tiempo de los operadores [\$/h], mano de obra de mantenimiento [\$/h], retención de la carga [\$/h], tasa de interés anual [%] y costos indirectos por veh-km [\$/h].

Dentro del Informe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2013, se presentan rangos promedio de valores de las tarifas del autotransporte, dependiendo el tipo de servicio prestado (carga completa-FTL- o carga fraccionada-LTL).

Tabla 4-17. Tarifas del autotransporte en México (Valores actualizados a febrero 2013)

Tarifas promedio Por tonelada kilómetro	Inferior a 200 km		Entre 200 y 500 km		Superior a 500 km	
	Pesos	cUS	Pesos	cUS	Pesos	cUS
Camión Unitario C3						
Carga completa (FTL)	1.26	10.1	1.20	9.6	1.15	9.2
Carga fraccionada (LTL)	1.63	13.1	1.55	12.4	1.49	11.9
Tractocamión T3-S2						
Carga completa (FTL)	1.17	9.4	1.11	8.9	1.06	8.5
Carga fraccionada (LTL)	1.52	12.2	1.45	11.6	1.38	11.1
Tractocamión T3-S2-R4						
Carga completa (FTL)	1.12	9.0	1.06	8.5	1.02	8.2
Carga fraccionada (LTL)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Fuente: (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2013). Tipo de cambio: 12.45 \$/USD

C3: Camión Unitario de 3 ejes (Carga útil de 24 ton)

T3-S2: Tractor de 3 ejes con Semiremolque de 2 ejes (carga útil de 29 ton)

T3-S2-R4: Tractor de 3 ejes con Semiremolque de 2 ejes y Remolque de 4 ejes (carga útil de 41 ton)

4.3.2 Costos de transporte por ferrocarril

Para poder estimar los componentes de costo de operación del ferrocarril, se tomó como referencia el estudio *Análisis de costos y competitividad de modos de transporte terrestre de carga interurbana*, (Steer Davies Gleave, 2011). Los costos que implica el transporte de mercancía por medio ferroviario son como se muestra a continuación.

Costos de operación

- Costo de combustible. Como ya se observó en el costo de autotransporte, para poder determinar el costo de consumo de combustible es indispensable conocer las características técnicas de cada locomotora.

Un ejemplo es la flota de Ferromex publicada en su Informe Anual 2012 (Ferrocaril Mexicano, S.A. de C.V., 2012)

Tabla 4-18. Edad promedio y modelo de la flota de locomotoras de Ferromex

Número de locomotoras	Fabricante	Caballos de fuerza	Edad promedio	Modelos
5	EMD	1,200	57	SW-1000
15	EMD	1,500	39	SW-1504
52	EMD	2,000	41	GP-22-ECO, GP-38 y GP-38-2
150	EMD	3,000	31	GP-40-2 y SD-40-2
59	EMD	4,300	2	SD-70 Ace
3	GE	2,250	31	B-23-7
149	GE	3,000	24	C-30-7. SUPER-7R, SUPER-7 MP y C-36-7
60	GE	4,400	11	AC-4400 CW
100	GE	4,400	36	ES-4400 AC
38 (arrendamiento)	EMD	4,300	1	SD-70 Ace
631	Total			

Fuente: (Ferrocaril Mexicano, S.A. de C.V., 2012)

EMD: Electro Motive Diesel
GL: General Electric

Se observa que existe una gran cantidad de modelos en la flota de Ferromex, con esta información se podría corroborar, de acuerdo al modelo y a la edad de cada locomotora, el consumo de combustible para cada caso.

Por otra parte, el Observatorio de Ferrocarril en España (Rallo Guinot, 2008) muestra que el consumo de una locomotora de 2,500 HP y un tren de 800 ton de carga, un consumo medio de 4.5 l/km.

Tabla 4-19. Costos unitarios de consumo de combustible por tipo de tren (\$MXN finales 2011)

Tipo de tren	Capacidad de arrastre	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Rendimiento (l/km)	Costo km (\$/km)	Costo ton-km (\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	600 ton	Carro plano	420	5	42.19	0.10
		Carro tolva granelero	360	5	42.19	0.12
		Carro estanque	400	5	42.19	0.11
Locomotora 2,300 HP	1,200 ton	Carro plano	840	7	59.06	0.07
		Carro plano con contenedor refrigerado	780	7	59.06	0.08
		Carro tolva granelero	800	7	59.06	0.07
		Carro estanque	840	7	59.06	0.07

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Precio de diésel: 8.4370 \$(MXN)/l

Tabla 4-20. Precio de diésel y porcentaje de ajuste por combustible (\$MXN finales 2011)

Período	Precio diésel Lab Irapuato del mes anterior	% de ajuste por combustible
Enero 2011	Dic. 2010 / \$7.6843	17.0
Febrero 2011	Ene. 2011 / \$7.7537	17.0
Marzo 2011	Feb. 2011 / \$7.8227	17.5
Abril 2011	Marzo 2011 / \$7.8916	17.5
Mayo 2011	Abril 2011 / \$7.9609	17.5
Junio 2011	Mayo 2011 / \$8.0296	18.0
Julio 2011	Junio 2011 / \$8.0985	18.0
Agosto 2011	Julio 2011 / \$8.1611	18.5
Septiembre 2011	Agosto 2011 / \$8.2301	18.5
Octubre 2011	Sept. 2011 / \$8.2991	18.5
Noviembre 2011	Oct. 2011 / \$8.3681	19.0
Diciembre 2011	Nov. 2011 / \$8.4370	19.0
Enero 2012	Dic. 2011 / \$8.5146	19.5
Febrero 2012	Ene. 2012 / \$8.5907	19.5
Marzo 2012	Feb. 2012 / \$8.6683	20.0
Abril 2012	Marzo 2012 / \$8.7459	20.0
Mayo 2012	Abril 2012 / \$8.8235	20.0
Junio 2012	Mayo 2012 / \$8.9011	20.5
Julio 2012	Junio 2012 / \$8.9787	20.5
Agosto 2012	Julio 2012 / \$9.0516	21.0
Septiembre 2012	Agosto 2012 / \$9.1292	21.0
Octubre 2012	Sept. 2012 / \$9.2068	21.5
Noviembre 2012	Oct. 2012 / \$9.2844	21.5
Diciembre 2012	Nov. 2012 / \$9.3620	22.0
Enero 2013	Dic. 2012 / \$9.4396	22.0
Febrero 2013	Ene. 2013 / \$9.5308	22.5
Marzo 2013	Feb. 2013 / \$9.6256	22.5
Abril 2013	Marzo 2013 / \$9.7204	23.0
Mayo 2013	Abril 2013 / \$9.8152	23.0
Junio 2013	Mayo 2013 / \$9.9077	23.5
Julio 2013	Junio 2013 / \$10.0026	23.5
Agosto 2013	Julio 2013 / \$10.0925	24.0
Septiembre 2013	Agosto 2013 / \$10.1873	24.0
Octubre 2013	Sept. 2013 / \$10.2821	24.5
Noviembre 2013	Oct. 2013 / \$10.3769	25.0
Diciembre 2013	Nov. 2013 / \$10.4718	25.0

Fuente: (Ferrocarril Mexicano S.A. de C.V., 2014)

Una aproximación más cercana a las condiciones mexicanas es la presentada en el estudio de Steer Davies Gleave, la cual muestra los costos de consumo de combustible por tipo de tren; dentro del Anexo 4 es posible observar la metodología que se siguió para obtener los costos para el caso de México a partir del caso de Chile. Dentro de la tabla 4-19 se muestra el consumo de combustible por tipo de tren en pesos mexicanos, cabe

destacar que los costos se obtuvieron con base en trenes chilenos, los cuales presentan un consumo medio de 5 l/km (4 l/km bajada y 6 l/km subida) para locomotoras diésel de 1,400 HP con capacidad de arrastre medio de 600 ton (carga+tara), y de 7 l/km para locomotoras diésel de 2,300 HP con capacidad de arrastre medio de 1,200 ton (carga+tara).

Las empresas ferroviarias como Ferromex mes con mes publican el precio de combustible así como el porcentaje de ajuste por combustible, como se muestra en la tabla 4-20.

Costo de arrastre.

- Seguros (\$/tonelada).
- Costo de derecho de paso. Este costo involucra a cualquier operador que quisiera circular por vías férreas concesionadas a otra compañía. Este costo corresponde al valor que paga cada porteador por tener un año de acceso a la red ferroviaria. Por ejemplo, en el caso de la empresa Ferromex (Ferrocarriil Mexicano, S.A. de C.V., 2012) que estima que los ingresos por este concepto se dan al evaluarse las unidades de arrastre y locomotoras de KCSM que pasan sobre las vías concesionadas a Ferromex y que están clasificadas en el Título de Concesión como derechos de paso a favor de KCSM. Los derechos de paso se clasifican en operativos y comerciales, cada uno de ellos con una tarifa respectiva. Las estimaciones se calculan multiplicando el número de unidades de arrastre y locomotoras por la distancia recorrida, resultando un factor denominado “unidad kilómetro”, mismo que se multiplica por la tarifa correspondiente.

Mantenimiento de locomotoras

- En el caso de mantenimiento de locomotoras, no existe documentación de costos directos de mantenimiento del equipo rodante, en algunos países se realiza una relación entre el valor de compra de las locomotoras y los costos de mantenimiento que anualmente requieren.
Otro manera es manejando valores de mantenimiento por kilómetro recorrido de cada locomotora, pero este caso sólo es posible realizarlo para recorridos fijos o permanentes.

Ferromex cuenta con cuatro contratos con cuatro diferentes empresas, que le proporcionan servicios de mantenimiento, reparación y reparaciones mayores (overhaul) de locomotoras. Para el mantenimiento y reparación de las locomotoras, Ferromex realiza pagos mensuales con base en ciertas cuotas que incluyen principalmente el mantenimiento preventivo y correctivo. Estas cuotas son registradas como gasto de mantenimiento y reparación en resultados conforme se van recibiendo los servicios. Al 31 de diciembre de 2012, la Compañía pagó por este concepto \$714,832 (Ferrocarriil Mexicano, S.A. de C.V., 2012). Las reparaciones mayores se capitalizan en el equipo conforme se van realizando.

Steer Davis Gleave considera que la relación de costo de mantención y valor compra locomotora en Chile, es normalmente entre un 6 y 8 % del valor de la locomotora. Debido a que no se cuenta con información sobre el precio de compra de las locomotoras de cualquier empresa ferroviaria mexicana, se presenta información de Steer Davis Gleave en la tabla 4-21 y 4-22.

Tabla 4-21. Costos anuales de mantenimiento de locomotoras (MXN\$, 2011)

Tipo de tren	Precio de compra (\$)	Costo (\$/año)	
		6%	8%
Locomotora 1,400 HP reacondicionada	15,000,000	900,000	1,200,000
Locomotora 2,300 HP reacondicionada	18,750,000	1,125,000	1,500,000

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
 Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$
 Revisar anexo 4.

Considerando un promedio de 100,000 km anuales recorridos por locomotora y la capacidad de carga, se obtiene la tabla 4-22, que muestra los costos anuales unitarios de mantenimiento de las locomotoras.

Tabla 4-22. Costos unitarios de mantenimiento de locomotoras (MXN\$, 2011)

Tipo de tren	Capacidad de arrastre	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo mantención (\$/ton-km) operadores		Costo mantención (\$/ton-km)
				6%	8%	
Locomotora 1,400 HP	600 ton	Carro plano	420	0.0225	0.0275	0.0425
		Carro tolva granelero	360	0.0225	0.0325	0.0475
		Carro estanque	400	0.0225	0.0300	0.0450
Locomotora 2,300 HP	1,200 ton	Carro plano	840	0.0125	0.0175	0.0275
		Carro plano con contenedor refrigerado	780	0.0150	0.0200	0.0300
		Carro tolva granelero	800	0.0150	0.0200	0.0300
		Carro estanque	840	0.0125	0.0175	0.0275

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
 Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Mantenimiento de carros

- Para la obtención del mantenimiento de carros se realiza el mismo procedimiento que para el mantenimiento de locomotoras, con la diferencia de que el equipo remolcado únicamente cuenta con choque tracción, rodado, freno y estructura, lo cual indica que su mantenimiento debe ser menor que al mantenimiento de locomotoras.

El estudio OperaTren establece que el mantenimiento de un coche de 30 ton de capacidad es de 0.05 USD\$/coche-km, y para uno de 50 ton es de 0.06 USD\$/coche-km.

Siguiendo con el ejemplo de Steer Davis Gleave, se obtiene la tabla 4-23.

Tabla 4-23. Costos unitarios de mantenimiento de carros (MXN\$, 2011)

Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo mantención (\$/km)	Costo mantención (\$/ton-km)
Carro plano	30	0.63	0.021
Carro tolva granelero	30	0.63	0.021
Carro estanque	40	0.70	0.017
Carro plano	30	0.63	0.021
Carro plano con contenedor refrigerado	30	0.63	0.021
Carro tolva granelero	50	0.75	0.015
Carro estanque	70	0.88	0.013

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011). Tipo de cambio: 12.50MXN\$ / USD\$

Costo de lubricantes.

- Otro costo importante es el del consumo de lubricantes. Se tomará en cuenta que por cada 300 km se utiliza un litro con valor promedio de \$USD 16 (Secretaría de Transportes, Gobierno de Chile, 2011). Con lo anterior, se presenta la siguiente tabla de costos unitarios de consumo de lubricantes en pesos mexicanos. Dentro del anexo 4 se muestra la tabla original en pesos chilenos.

Tabla 4-24. Costos unitarios de lubricantes (MXN\$, 2011)

Tipo de tren	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo por lubricantes (\$/km)	Costo por lubricantes (\$/ton-km)
Locomotoras 1,400 HP	Carro plano	420	0.67	0.002
	Carro tolva granelero	360	0.67	0.002
	Carro estanque	400	0.67	0.002
Locomotoras 2,300 HP	Carro plano	840	0.67	0.001
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	0.67	0.001
	Carro tolva granelero	800	0.67	0.001
	Carro estanque	840	0.67	0.001

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MNX\$ / USD\$

Costo de personal.

- Para determinar los costos de honorarios del personal de tripulación, también se considerará el estudio realizado por Steer Davis Gleave, el cual dice que el sueldo de un maquinista oscila entre USD\$ 1,600 y USD\$ 2,400 al mes, mientras que el sueldo de un ayudante corresponde al 50% del valor del sueldo neto del maquinista, pero también se deben considerar los costos de salud, seguros, provisión por años

de servicio, vacaciones y viáticos; de esta manera, el sueldo del maquinista es de alrededor de USD\$ 3,040 (CLP\$ 1,520,000, considerando tipo de cambio 1 USD\$ = 500 CLP\$), y el del ayudante de USD\$ 1,640. En la tabla 4-25 se muestran los costos unitarios de honorarios de la tripulación en pesos mexicanos (para consultarlo en otra divisa ver anexo 4).

Tabla 4-25. Costos unitarios honorarios tripulación (MXN\$, 2011)

Tipo de tren	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo tripulación (\$/km)	Costo tripulación (\$/ton-km)
Locomotoras 1,400 HP	Carro plano	420	7.03	0.0167
	Carro tolva granelero	360	7.03	0.0195
	Carro estanque	400	7.03	0.0176
Locomotoras 2,300 HP	Carro plano	840	7.03	0.0084
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	7.03	0.0090
	Carro tolva granelero	800	7.03	0.0088
	Carro estanque	840	7.03	0.0084

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MNX\$ / USD\$

- El personal de maniobras es difícil de determinar ya que depende del tipo de carga, de si existe o no locomotora de patio, entre otros. Sin embargo, Steer Davis Gleave ha determinado que en patios con más producción se requiere de un jefe de patio, dos armadores o palanqueros y un maquinista de locomotora de patio, de esta manera, los sueldos estimados para el personal de maniobras son:

Jefe de patio 35,000 (MXN\$ / mes)
 Palanquero 21,000 (MXN\$ / mes)*
 Maquinista 26,250 (MXN\$ / mes)
 *Se requieren dos palanqueros

- Por otro lado, para los puestos de movilización generalmente se requiere a un jefe en turno y un controlador de tráfico por turno, los cuales pueden atender del orden de 12 trenes simultáneamente (Steer Davies Gleave, 2011), pero para este estudio se tomarán 10 trenes por turno.

Jefe de turno 35,000 (MXN\$ / mes)
 Controladores 17,500 (MXN\$ / mes)

Tabla 4-26. Costos unitarios honorarios personal de operación (MXN\$, 2011)

Tipo de tren	Tipo de carro	Costo personal maniobra		Costo personal por movilización	
		(\$/km)	(\$/ton-km)	(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotoras 1,400 HP	Carro plano	2.57	0.006	0.63	0.002
	Carro tolva granelero	2.57	0.007	0.63	0.002
	Carro estanque	2.57	0.006	0.63	0.002
Locomotoras 2,300 HP	Carro plano	2.57	0.003	0.63	0.001
	Carro plano con contenedor refrigerado	2.57	0.003	0.63	0.001
	Carro tolva granelero	2.57	0.003	0.63	0.001
	Carro estanque	2.57	0.003	0.63	0.001

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MNX\$ / USD\$

De esta manera, y tomando en cuenta un promedio de 100,000 km anuales recorridos por locomotora, se presenta la siguiente tabla.

Costo de depreciación de carros y locomotoras.

- A continuación se presentan los costos de depreciación tanto de carros como de locomotoras, estipuladas por Steer Davis Gleave, señalando que un valor residual correspondiente al 10 % del valor comercial del equipo, una utilización de 100.000 y 75.000 km/año para locomotoras y carros, respectivamente, se tienen los siguientes costos de depreciación:

Tabla 4-27. Costos unitarios depreciación carros (MXN\$, 2011)

Tipo de carro	Precio de compra (\$)	Costo por depreciación	
		(\$/km)	(\$/ton-km)
Carro plano	600,000	0.18	0.0060
Carro tolva granelero	900,000	0.27	0.0090
Carro estanque	1,250,000	0.38	0.0095
Carro plano con contenedor refrigerado	750,000	0.23	0.0075
Carro tolva granelero	1,000,000	0.30	0.0060
Carro estanque	1,750,000	0.53	0.0075

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Tabla 4-28. Costos unitarios depreciación locomotoras (MXN\$, 2011)

Locomotora	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Precio de compra locomotora (\$)	Vida útil locomotora (años)	Valor residual (\$)	Costo por depreciación	
						(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	420	15,565,560	20	15,000	6.75	0.016
	Carro tolva granelero	360	15,565,560	20	15,000	6.75	0.019
	Carro estanque	400	15,565,560	20	15,000	6.75	0.017
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	840	19,456,950	20	18,750	8.45	0.010
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	19,456,950	20	18,750	8.45	0.011
	Carro tolva granelero	800	19,456,950	20	18,750	8.45	0.011
	Carro estanque	840	19,456,950	20	18,750	8.45	0.010

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Costo de gestión y administración

- Dentro del estudio de Steer Davis Gleave, se considera que los costos asociados a este ítem corresponden al 5 % de los gastos operacionales. Estos gastos consideran: gastos de energía, personal de trenes y los costos de mantenimiento del equipo rodante, de esta manera se obtiene lo siguiente:

Tabla 4-29. Costos gestión y administración (MXN\$, 2011)

Locomotora	Tipo de carro	Costo por gestión y administración (\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	0.0118
	Carro tolva granelero	0.0138
	Carro estanque	0.0123
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	0.0083
	Carro plano con contenedor refrigerado	0.0088
	Carro tolva granelero	0.0083
	Carro estanque	0.0078

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Otros gastos de operación

- A los gastos de operación se le asocia un 3% de los costos operacionales de acuerdo a Steer Davis Gleave, realizando el mismo procedimiento que en el paso anterior se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 4-30. Otros gastos de operación (MXN\$, 2011)

Locomotora	Tipo de carro	Costo por gestión y administración (\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	0.0086
	Carro tolva granelero	0.0101
	Carro estanque	0.0088
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	0.0065
	Carro plano con contenedor refrigerado	0.0070
	Carro tolva granelero	0.0065
	Carro estanque	0.0060

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

A continuación se presenta la tabla 4-31 que expresa el resumen de los costos asociados a la operación del ferrocarril y la tabla 4-32 que muestra la composición de costos unitarios de operación del ferrocarril.

Tabla 4-31. Resumen costo (MXN\$ / Ton-km) unitario operación ferrocarril, (Valores finales 2011)

Componente de costo	Locomotora 1,400 HP			Locomotora 2,300 HP			
	Carro plano	Carro tolva granelero	Carro tanque	Carro plano	Carro plano con contenedor refrigerado	Carro tolva granelero	Carro tanque
Combustible	0.1004	0.1172	0.1055	0.0703	0.0757	0.0738	0.0703
Costo total mantenimiento	0.0633	0.0683	0.0623	0.0483	0.0508	0.0450	0.0400
Lubricante	0.0016	0.0019	0.0017	0.0008	0.0009	0.0008	0.0008
Total honorarios	0.0182	0.0213	0.0191	0.0091	0.0098	0.0095	0.0091
Total depreciación	0.0220	0.0278	0.0265	0.0160	0.0183	0.0165	0.0175
Costos de gestión y administración	0.0118	0.0138	0.0123	0.0083	0.0088	0.0083	0.0078
Otros gastos de operación	0.0083	0.0098	0.0085	0.0063	0.0068	0.0063	0.0058
Total	0.2255	0.2598	0.2357	0.1590	0.1708	0.1602	0.1512

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-32. Composición costo unitario operación ferrocarril (%)

Componente de costo	Locomotora 1,400 HP			Locomotora 2,300 HP			
	Carro plano	Carro tolva granelero	Carro tanque	Carro plano	Carro plano con contenedor refrigerado	Carro tolva granelero	Carro tanque
Combustible	44.54	45.10	44.75	44.23	44.32	46.09	46.50
Costo total mantenimiento	28.05	26.27	26.41	30.35	29.71	28.09	26.45
Lubricante	0.70	0.71	0.71	0.50	0.50	0.52	0.52
Total honorarios	8.08	8.18	8.09	5.73	5.71	5.95	6.03
Total depreciación	9.76	10.68	11.24	10.07	10.68	10.30	11.57
Costos de gestión y administración	5.21	5.29	5.20	5.19	5.12	5.15	5.13
Otros gastos de operación	3.66	3.75	3.61	3.93	3.95	3.90	3.80
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, dentro de la tabla 4-33 se muestra una comparativa de los costos (actualizados a diciembre de 2013) por kilómetro-tonelada entre ferrocarril y autotransporte y es posible visualizar notablemente que el autotransporte maneja costos más elevados.

Tabla 4-33. Comparativa ferrocarril con autotransporte, costos por kilómetro – tonelada transportada (Valores diciembre 2013)

Componente de costo	Ferrocarril			Autotransporte			
	Locomotora 1,400 HP	Locomotora 2,300 HP		Tractocamión T3-S2			
	Carro plano	Carro plano	Carro plano con contenedor refrigerado	Inferior a 200 km		Superior a 500 km	
				FTL	LTL	FTL	LTL
Costo total	0.3526	0.2861	0.2979	1.2151	1.5651	1.1051	1.4251

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Costos de transporte por cabotaje

Dentro de los precios de transporte marítimo, en particular del cabotaje, se deben contemplar los siguientes costos:

- Costos de flete (navegación). Expresada en \$ por toneladas/km, este costo debe contemplar consumo de combustible y tipo de barco.
- Costos portuarios que aplican para puerto origen y para puerto destino:
 - Capitanería. \$/día
 - API. Por \$ metro eslora al día de muelle utilizado. En ocasiones este costo está incluido en el costo de eslora.
 - Muelle (\$ metro eslora/día)
 - Costo de manipulación en la terminal (estiba/desestiba), de bodega de buque a área de almacenamiento o viceversa \$/tonelada dependiendo del tipo de carga (general, maquinaria, unidad) y del peso de la carga.
 - Maniobras integradas. \$/tonelada dependiendo del tipo y peso del producto, (productos agrícolas, minerales en kg y productos como azúcar a granel, lingotes de hierro, fierro en toneladas)
 - Maniobras a bordo por unidad (únicamente al tratarse de contenedor). \$/contenedor lleno o \$/ contenedor vacío, y dependiendo de si se realizan maniobras como: de buque a patio o viceversa; reacomodo, sin bajar el contenedor a muelle; reacomodo, bajando contenedor a muelle;
 - Maniobras en tierra por unidad (únicamente al tratarse de contenedor). \$/contenedor lleno o \$/ contenedor vacío, y dependiendo de si se realizan maniobras como: de costado de buque a almacén o de patio a vehículos de transporte terrestre.
 - Pilotaje \$/día
 - Muellaje \$/tonelada cargada o descargada dependiendo tipo de carga
 - Tarifa de atraque \$/metro de eslora
 - Amarre y desamarre de cabos \$/hora dependiendo si es en días hábiles o domingos y días festivos.

Para determinar los costos marítimos, se tomarán en cuenta tres tipos de barcos portacontenedores diferentes con las siguientes características:

Tabla 4-34. Características de tipos de barcos portacontenedores

Tipo de barco	Longitud del barco (m)	Número mínimo de TEU's	Número máximo de TEU's
Tipo 1	45	100	150
Tipo 2	135	250	400
Tipo 3	225	500	900

Fuente: Elaboración propia con base en Coordinación General del Plan Puebla Panamá, 2003

Figura 4.10: Barco dedicado al cabotaje portacontenedores



Fuente: Santiago Mena Sáez, 2011.

En la tabla 4-34, se observa la capacidad del barco medida en TEU's (por su acrónimo en inglés Twenty-feet Equivalent Unit, que significa Unidad Equivalente a 20 pies); las dimensiones de estos contenedores se encuentran normalizadas y son las siguientes: 20 pies (6.1 m) de largo, 8 pies (2.4 m) de ancho y 8.5 pies (2.6 m) de altura, este tipo de contenedor puede llegar a tener en su interior una carga máxima generalmente de 21,000 kg (21 ton), mientras que el peso del contenedor vacío generalmente es de 2,000 kg (2 ton), por lo que se puede determinar la siguiente tabla 4-35 que contiene la carga máxima y mínima por barco.

Cabe destacar que la obtención de costos marítimos, particularmente de los costos de flete, es una tarea complicada, ya que las empresas dedicadas a este servicio reservan su información.

Tabla 4-35. Capacidad de carga de tipos de barcos portacontenedores

Tipo de barco	Capacidad mínima en toneladas	Capacidad máxima en toneladas
Tipo 1	2,100	3,150
Tipo 2	5,250	8,400
Tipo 3	10,500	18,900

Fuente: Elaboración propia con base en Coordinación General del Plan Puebla Panamá, 2003

Es importante mencionar que los tiempos de carga y descarga en puertos mexicanos según la Coordinación General del Plan Puebla Panamá, 2003, es de medio día para el tipo de barco 1 y de un día para el tipo de barco 2.

Tabla 4-36. Tiempos para transporte marítimo, carga y descarga.

Tiempos para transporte marítimo (en días)	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Carga y descarga en puertos mexicanos	0.50	1.00	n.a.

Fuente: Coordinación General del Plan Puebla Panamá, 2003

A continuación se presentan los costos marítimos por tipo de barco actualizados que se obtuvieron para Puerto Progreso, en Yucatán. Dentro del anexo 4 se encuentra el procedimiento para actualizar costos.

Tabla 4-37. Costos de Puerto Progreso en pesos mexicanos, (Valores actualizados a Diciembre 2013)

Puerto Progreso, Yucatán			
Tipo de barco	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Costos en puertos marítimos			
Pilotaje y remolque (\$/barco)	45,728	68,592	99,077
Administración/capitanía (\$/día)	12,804	12,804	12,804
Costo de muellaje (\$ por metro y día)	419	419	419
Equipo de estibadores (\$ por contenedor)	1,113	1,113	1,113
Tiempo extra por piso (\$ por contenedor y día)	0	0	0
Disposición de chasis (\$ por contenedor)	549	549	549
<i>Costo mínimo por contenedor</i>	2,485	2,347	
Puerto Progreso – Bienville			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Costos de transporte marítimo			
Costo de flete marítimo (\$/día)	248,979	689,006	n.a.
Combustible (\$/día)	52,346	125,637	n.a.
Otros costos (\$/día)	196,629	563,366	n.a.
Costo de espera en puertos (\$/día)	137,183	384,113	n.a.
<i>Costo mínimo por contenedor</i>	4,878	7,042	

Fuente: Elaboración propia con base en Coordinación General del Plan Puebla Panamá, 2003

Conociendo los costos de flete por medio de transporte marítimo (tabla 4-37) y la capacidad de carga de cada tipo de barco (tabla 4-35), es posible determinar el costo de flete marítimo por tonelada y por kilómetro recorrido son los siguientes (tabla 4-38).

El costo de transportar de 2,100 a 3,150 toneladas, mediante el barco tipo 1, es de 248,979 $\left[\frac{\$}{\text{día}}\right]$; mientras 1 día, viajando a una velocidad de 26 km/h, equivale a 624 km recorridos, por lo tanto: $\frac{248,979}{\left(\frac{2,100+3,150}{2}\right)(624)} = 0.15$ [\$]

Tabla 4-38. Costos de transporte marítimo por kilómetro – tonelada transportada, en pesos mexicanos, (Valores actualizados a Diciembre 2013)

	Tipo 1	Tipo 2
Costo de flete marítimo (MXN\$)	0.15	0.16

Fuente: Elaboración propia con base en Coordinación General del Plan Puebla Panamá, 2003

4.4 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA.

Dentro de la realización de esta tesis es indispensable proyectar el mercado competitivo mediante escenarios de evolución, con el fin de obtener imágenes futuras.

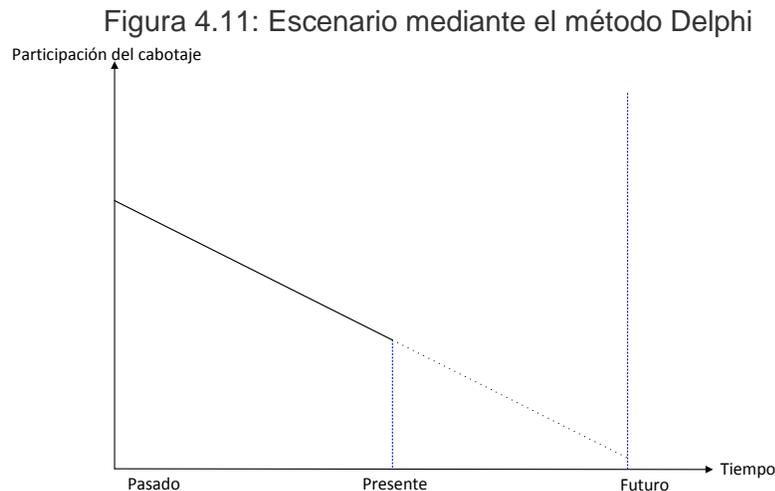
Como se comentó dentro del Estado del Arte de la presente tesis, existen tres tipos de métodos para la creación de escenarios, los modelos heurísticos, econométricos y prospectivos.

En el caso de la creación de un escenario futuro para el cabotaje se debe de tener en cuenta que no es un problema que se pueda resolver mediante modelos econométricos debido, principalmente, a que estos modelos se caracterizan por ser lineales y unívocos, es decir que el problema debe contener pocos parámetros, lo que no ocurre dentro del cabotaje ya que es un sistema más complejo que requiere parámetros relacionados con el mercado, así como parámetros relacionados con el modo de transporte.

Por otra parte, los modelos heurísticos estocásticos utilizan herramientas de probabilidad en donde consideran el comportamiento pasado para proyectarlo en el futuro de manera sistemática, y debido a que el transporte de mercancía por medio de cabotaje ha ido disminuyendo a través de los años, no es posible utilizar estos modelos, ya que con esto lo único que se lograría es que desapareciera el cabotaje dentro de los escenarios futuros.

Por lo anterior, es conveniente utilizar una metodología que describa al cabotaje mediante variables que afecten su desempeño. Para ello, es factible recurrir a un método prospectivo.

Como se vio dentro del estado del arte, existe una gran diversidad de métodos prospectivos que, generalmente, se desarrollan de acuerdo a la opinión de expertos como en el caso del método Delphi y de MACTOR; así como con la opinión de actores comunes como el método Visualizando y Taller de Prospectiva, Juegos de Simulación y Compass. En el caso de la presente tesis, sería imposible utilizar estos métodos debido a que el conocimiento que se tiene es prácticamente la nula participación del cabotaje en la actualidad en México, debido a su decreciente colaboración a través de los años, basado en este hecho, se crearían escenarios en donde el cabotaje tiende a la desaparición.

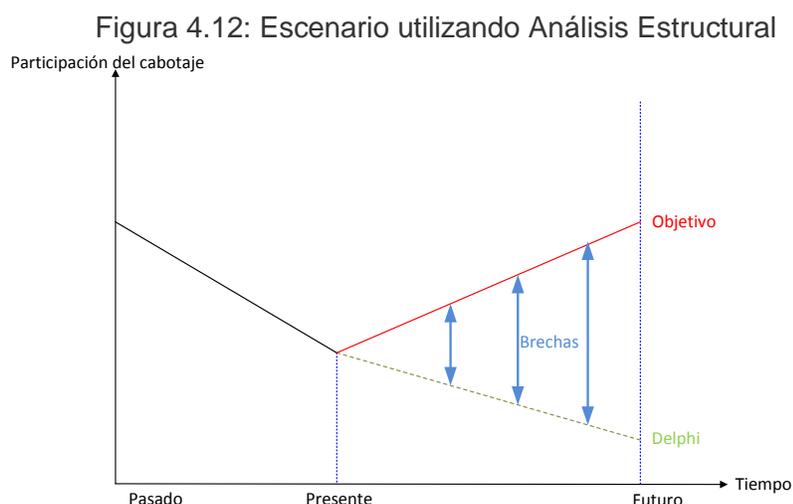


Fuente: Elaboración propia

Por el contrario, el método de Análisis Estructural ayuda a interpretar la realidad concibiéndola como un sistema, esto por medio de una matriz la cual relaciona a cada una de las variables, de tal manera que se conozcan las principales variables influyentes y dependientes; además tiene como límite un máximo 80 variables, lo cual es ideal para este análisis, ya que el cabotaje es un sistema complejo, debido al número de variables implicadas.

Cabe destacar que el 80% de los resultados obtenidos son evidentes y confirman la primera intuición. Permiten asentar el buen sentido y la lógica del problema y sobre todo dan valor al 20% de los resultados contra intuitivos (Godet M. , 2007).

Finalmente, se deberá prestar atención a las variables más sobresalientes, ya que cualquier modificación que ocurra en ellas tendrá repercusiones en todo el sistema, lo cual significa que será posible determinar estrategias para la modificación del sistema, para así poder reducir las brechas entre la desaparición del cabotaje y el futuro deseado.



Fuente: Elaboración propia

Por lo anterior, se tomará el método de “análisis estructural” (GODET, 1999).

Comenzando con el primer paso (identificación de variables), en el cual se establece y analiza el sistema, a continuación se exponen las variables relacionadas con el cabotaje; se realizarán dos grupos de variables ya que el comportamiento de las familias logísticas se divide en: casos donde existirá competencia cabotaje vs ferrocarril y un segundo caso en donde se compite también con autotransporte.

Las variables básicas que todas las familias logísticas van a contener, son las siguientes:

1. Tipos de mercancías compatibles con el cabotaje (poco exigentes en tiempo)
2. Demanda por tipo de mercancías
3. Localización geográfica del origen
4. Localización geográfica del destino
5. Distancia de recorrido
6. Precio de combustible
7. Capacidad de transporte en ferrocarril (oferta)
8. Capacidad de transporte en barco (oferta)
9. Costo total ferrocarril
10. Costo total cabotaje
11. Rutas de transporte

- 12. Disponibilidad de servicio de ferrocarril
- 13. Disponibilidad en puertos de equipo especializado
- 14. Flujos Origen – Destino

Las variables anteriores funcionan principalmente para los casos de: gráneles agrícolas y gráneles minerales. Para las familias: petróleo y derivados, carga general contenerizada, carga general suelta y otros, suele observarse una competencia entre el ferrocarril y el autotransporte. Incluso puede existir la opción intermodal ferrocarril – autotransporte (caso de la carga general contenerizada), por lo que se requiere añadir las siguientes variables para incluir la opción del autotransporte:

- 15. Capacidad de transporte en autotransporte (oferta)
- 16. Costo total de autotransporte
- 17. Disponibilidad de autotransporte

A continuación, para la segunda fase (relaciones existentes entre las variables) es indispensable establecer la matriz de variables cruzadas con el fin de conocer la influencia de las variables entre sí. Para ello, a nivel de cada fila, y considerando el elemento a_{ij} , hay dos alternativas: si “i” influye sobre “j” entonces se escribe 1 (uno); si “i” no influye sobre “j” entonces se escribirá 0 (cero). (Ver tabla 4-39).

Tabla 4-39. Matriz de influencias directas (MID). Variables básicas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
2	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1
3	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
5	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
12	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0

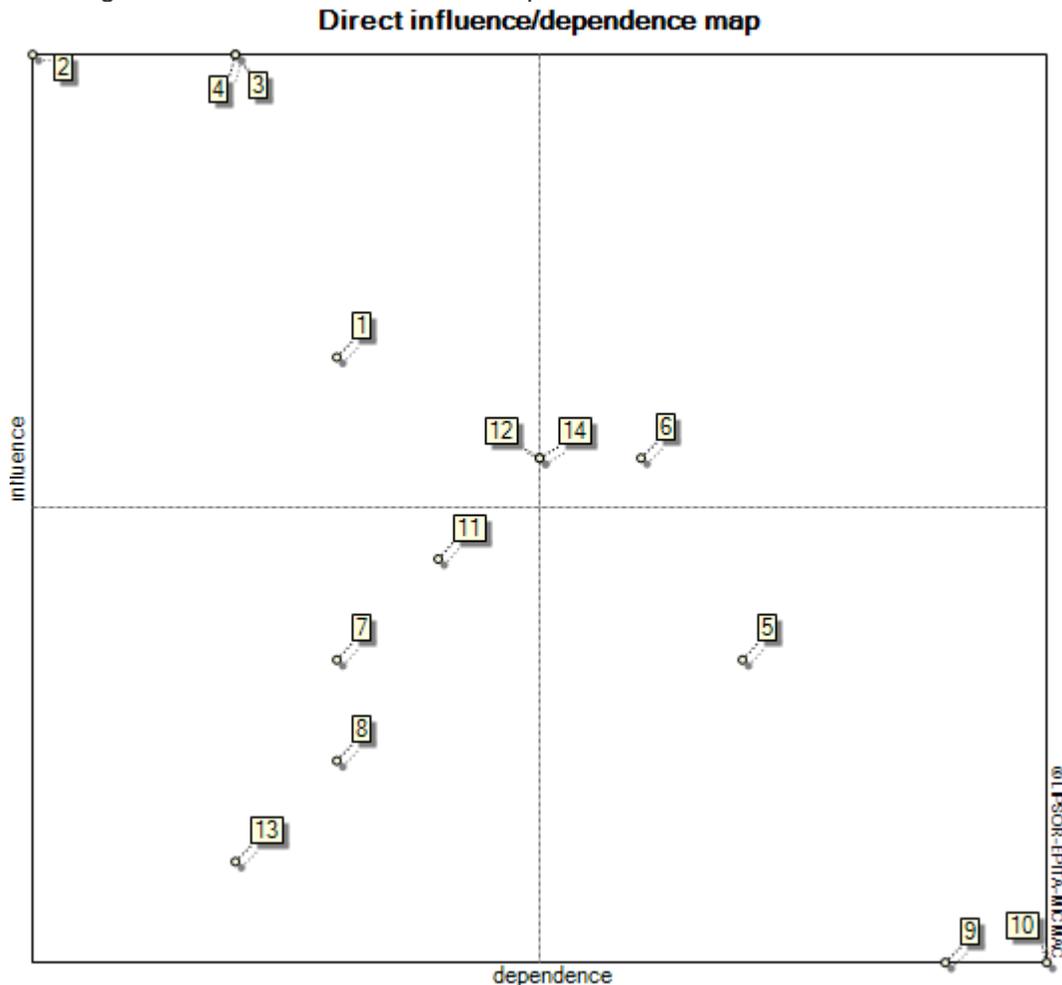
Fuente: Elaboración propia

Nota: 0=sin influencia
1= con influencia

Empleando el software MICMAC se crea la figura 4.13, que se obtiene a partir de la matriz de influencias directas (MID); este plano de influencias indica la relación directa entre las variables, es decir, a nivel fila de la matriz se obtiene la influencia y a nivel columna se obtiene la dependencia. En resumen, cada elemento a_{ij} en la matriz indica lo siguiente:

- Con un rango de 0 a 1 en cada casilla de cada intersección de la fila “i” y la columna “j”, si la variable “i” tiene influencia directa sobre la variable “j”. De esta manera, la matriz se completa línea por línea, evaluándose sistemáticamente si actúa directamente sobre cada una de las variables.
- Cuando “i” = “j” no se tiene influencia, por lo tanto la diagonal principal, por convención, permanece vacía, es decir, se escribe “0”.

Figura 4.13: Plano de influencia/dependencia directa. Variables básicas.

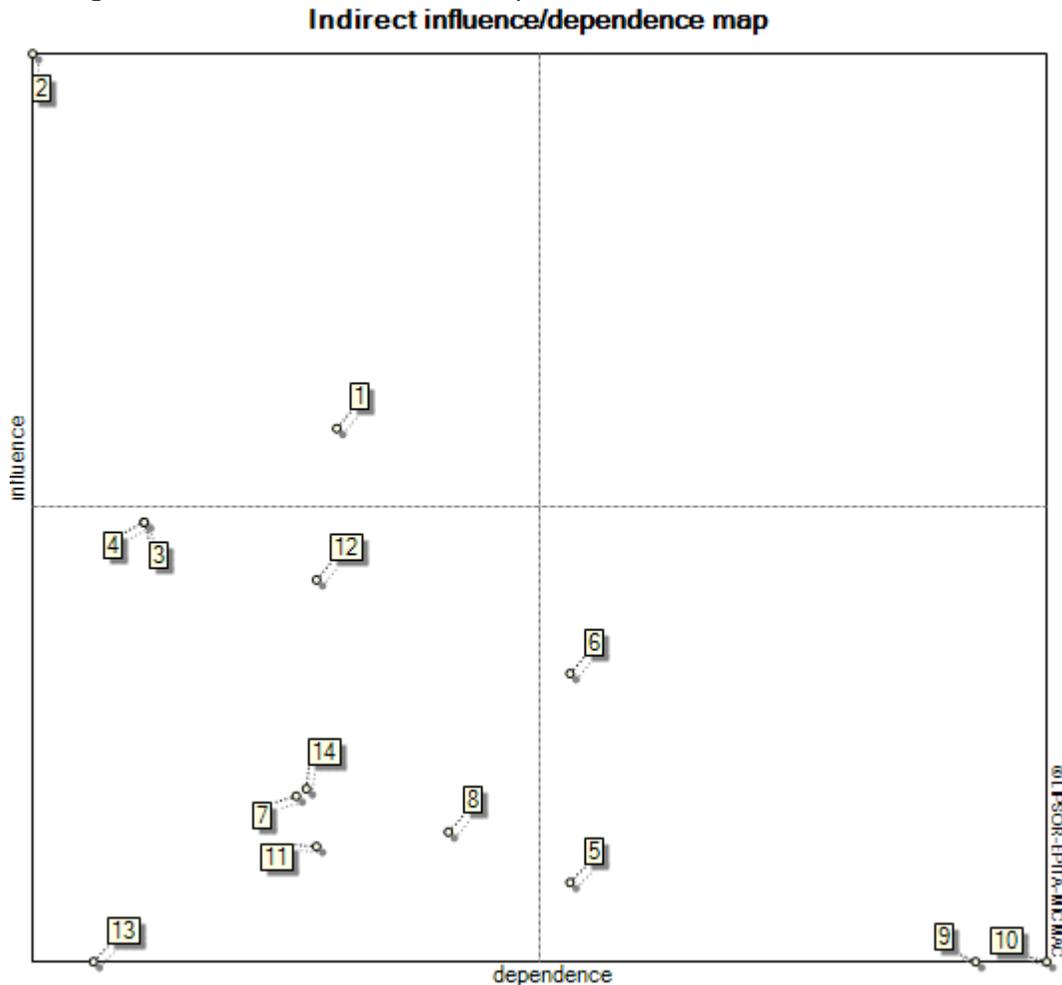


Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

Ejemplificando lo anterior, la variable 6 a nivel fila (influencia) suma cinco, mientras que a nivel columna (dependencia) suma seis ubicándose en el gráfico en el cuadrante II (variables de conflicto).

Utilizando nuevamente el software MICMAC para la obtención de las relaciones indirectas, basado en la matriz de influencias directas mediante la utilización de ceros y unos se obtiene la figura 4.13. En la que (Godet M. , 2007) asegura que el término a_{ij} permite identificar la existencia de una flecha de influencia (línea de longitud 1) desde la variable “i” hasta la variable “j”, por lo que puede demostrarse que el elemento situado en la intersección de la fila número “i” y la columna número “j” en la matriz elevado a la enésima potencia, es igual al número de líneas de longitud “n” que unen estas dos variables.

Figura 4.14: Plano de influencia/dependencia indirecta. Variables básicas.



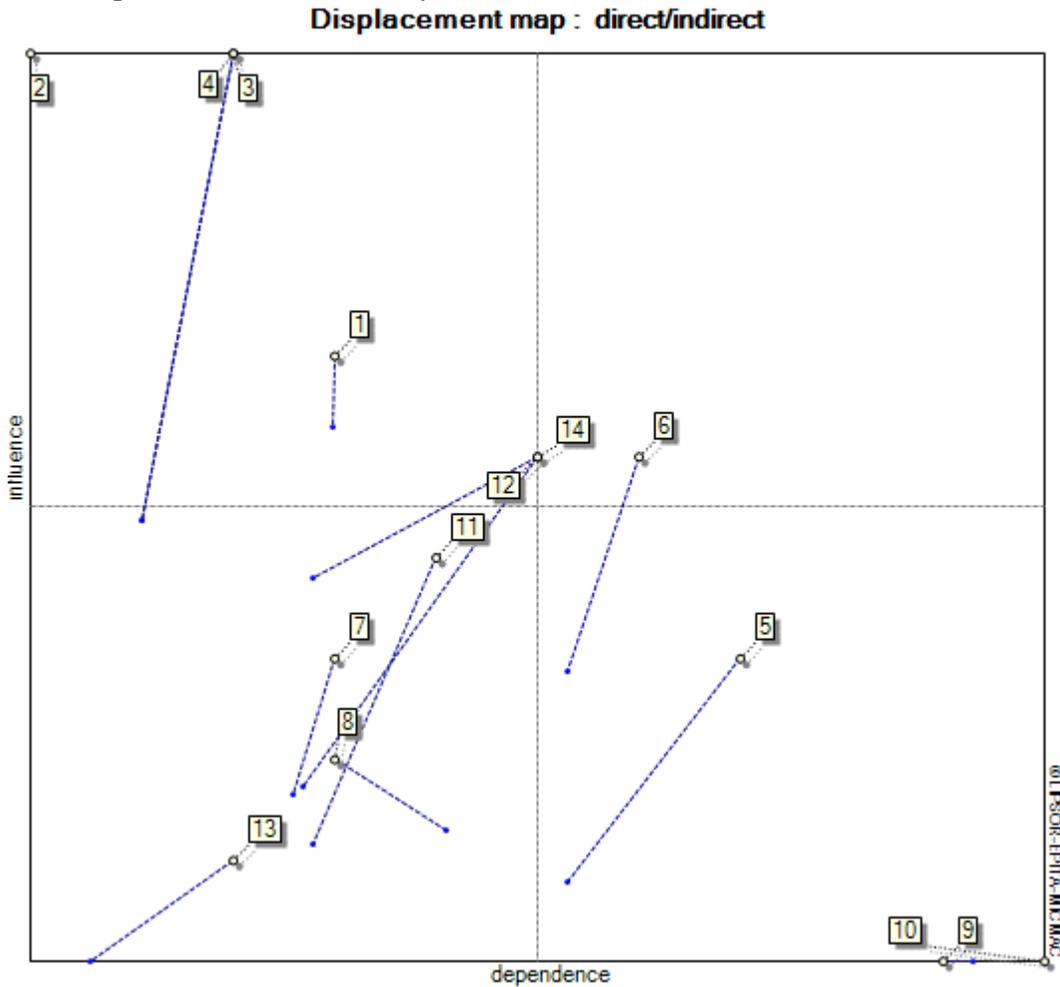
Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

Por lo que, elevando la matriz hasta que comienza a estabilizarse se obtienen las relaciones indirectas, generando una nueva matriz representada por un nuevo gráfico (figura 4.14).

De ambos planos, el plano de influencia/dependencia directa y el plano de influencia/dependencia indirecta, se obtiene el plano de desplazamientos (figura 4.15), es decir, de qué manera se movieron las variables tras elevar la matriz a la n potencia.

Existen mucho movimientos muy notorios, un ejemplo son la variable 3 y la variable 4, las cuales cambian del cuadrante I al cuadrante IV.

Figura 4.15: Plano de desplazamiento de variables. Variables básicas.



El mismo procedimiento anterior será aplicado para una matriz de influencias directas de 17 variables (tabla 4-40), en donde se incluye la opción de autotransporte. Como se mencionó anteriormente, esta matriz de 17 variables funciona para las familias: petróleo y derivados, carga general contenerizada, carga general suelta y otros.

Tabla 4-40. Matriz de influencias directas (MID). Incluyendo autotransporte.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
2	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
3	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
4	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
5	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
6	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
7	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
12	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
17	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0

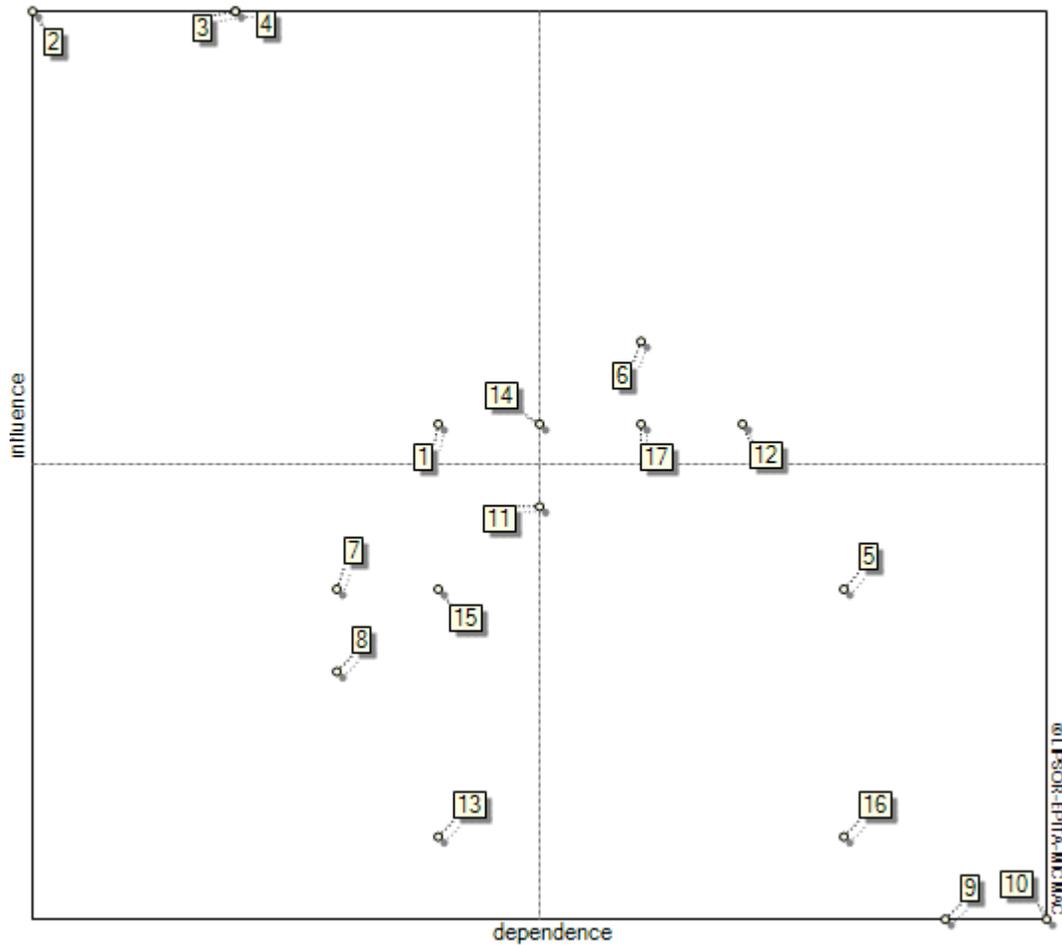
Fuente: Elaboración propia

Nota: 0=sin influencia
1= con influencia

Dentro del plano de influencia/dependencia directa (figura 4.15) es posible observar que el comportamiento es el mismo que para la matriz que contiene las variables básicas (tabla 4.40), con la única diferencia de que se agregan tres variables que incluyen la opción de autotransporte.

En la figura 4.16 se observa que el comportamiento de la variable 12 (disponibilidad de servicio de ferrocarril) y la variable 17 (disponibilidad de autotransporte) se comportan de la misma manera y ambas se encuentran dentro del cuadrante II, es decir, dentro del cuadrante que contiene a las variables autónomas o de conflicto.

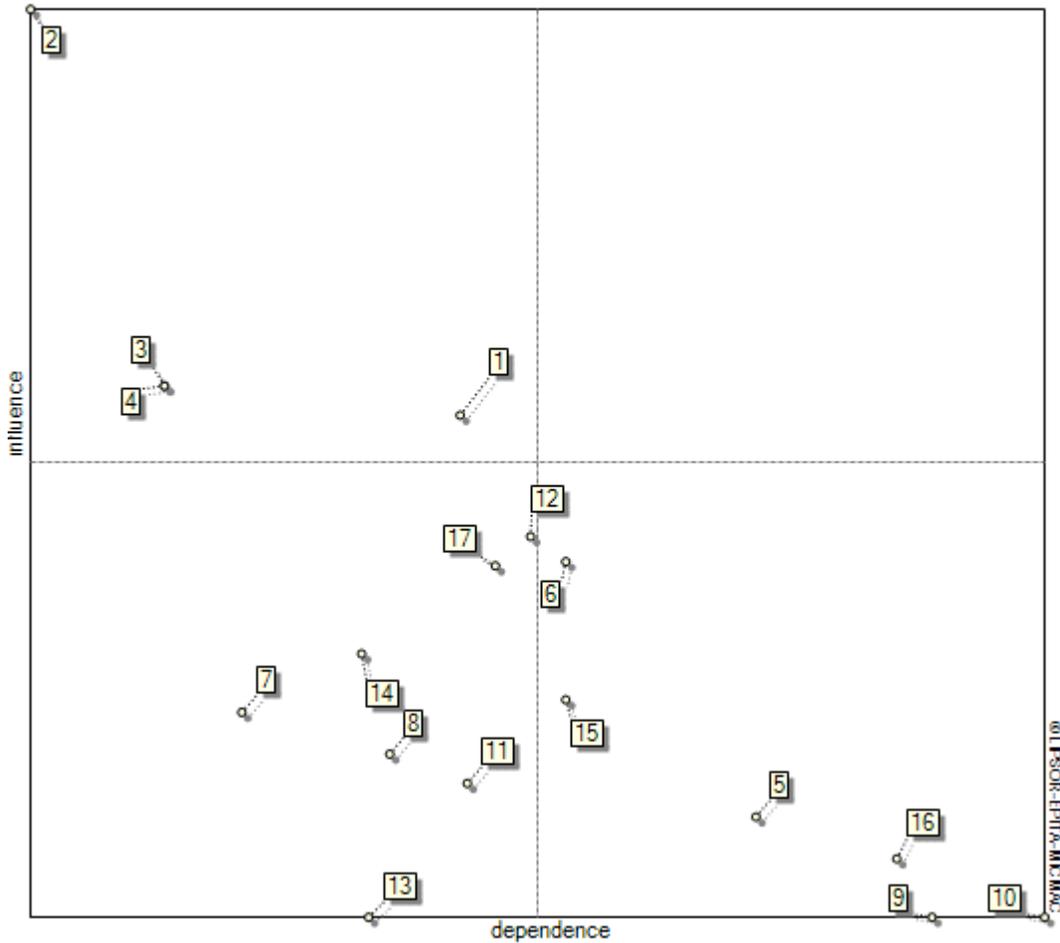
Figura 4.16: Plano de influencia/dependencia directa. Incluyendo autotransporte.
Direct influence/dependence map



Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

Elevando la matriz de influencias directas, en donde se incluye al autotransporte (tabla 4.38), hasta que comienza a estabilizarse, se obtienen las relaciones indirectas; el gráfico que representa esta nueva matriz se observa en la figura 4.17.

Figura 4.17: Plano de influencia/dependencia indirecta. Incluyendo autotransporte.
Indirect influence/dependence map

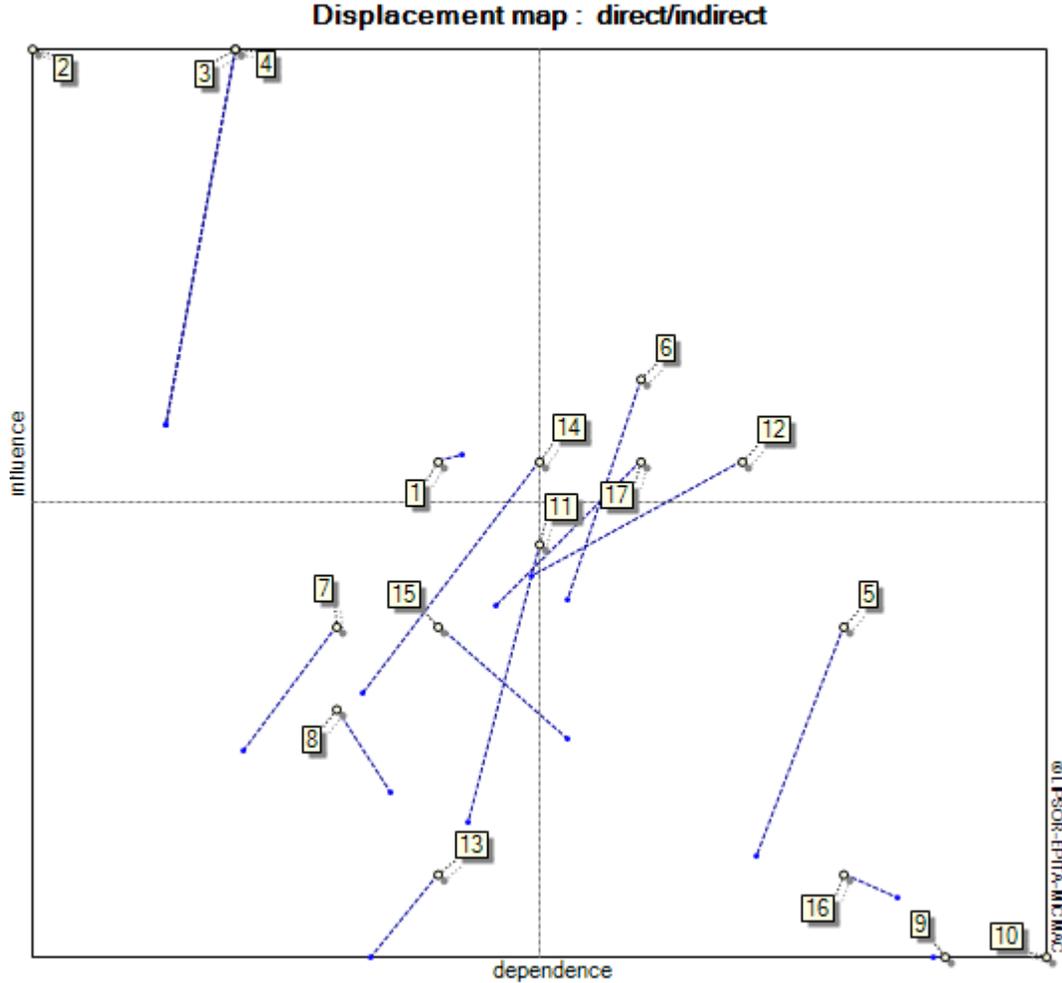


Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

Finalmente, se crea el plano de desplazamientos (figura 4.18) con base en las figuras 4.15 y 4.16, el cual muestra el movimiento de las variables tras estabilizar la matriz, elevándola a la potencia n , que generalmente el valor de n es igual a 4.

Es posible observar que los movimientos más notorios dentro ambos planos ocurren con las variables 6, 11, 12 y 14, además del 15 y 17 dentro de los desplazamientos que incluye el caso particular de familias logísticas con competencia con autotransporte.

Figura 4.18: Plano de desplazamiento de variables. Incluyendo autotransporte.



Variables para la construcción de escenarios.

La última etapa del método de análisis estructural consiste en identificar las variables esenciales claves para las dinámicas futuras del sistema.

Cuadrante I. Dentro de este cuadrante se alojan las variables muy motrices y poco dependientes, variables de influencia.

Las variables determinantes principales, discriminantes o variables clave son muy influyentes y un tanto dependientes. La mayor parte del sistema depende de estas variables ya que pueden actuar sobre el sistema dependiendo de cuánto podamos controlarlas como un factor clave de inercia o de movimiento. Estas variables se ubican en el cuadro superior izquierdo del gráfico.

1. *Tipos de mercancías compatibles con el cabotaje (poco exigentes en tiempo).* Esta información es posible obtenerla mediante la SCT, dentro de su anuario estadístico de puertos de México que realiza cada año se puede obtener el tipo de carga que se transporta por medio de cabotaje, además es posible consultar opinión de expertos. Es importante mencionar que la mercancía compatible con el cabotaje contempla a los productos no exigentes en tiempo, es decir, mercancía no perecedera o mercancía que no sea exigente en el tiempo de entrega.
2. *Demanda por tipo de mercancías.* De igual manera que el punto anterior, es posible detectar la demanda por medio de la SCT, ya que publica dentro de su anuario estadístico de puertos el origen y destino de la mercancía transportada. Además se puede consultar a expertos que determinen el comportamiento de la mercancía de acuerdo a la demanda.
3. *Localización geográfica del origen.*
4. *Localización geográfica del destino.*
Las dos variables anteriores, se encuentran en el anuario estadístico de puertos de la SCT, para el caso del cabotaje; adicionalmente, dentro del capítulo 4.4 Pronóstico de demanda, se encuentra la ubicación de los nodos virtuales para el transporte ferroviario y para el autotransporte.

Cuadrante IV. El cuadrante IV muestra variables poco motrices y poco dependientes, variables inconexas o exógenas.

Las variables dentro del cuadro inferior izquierdo son poco influyentes y poco dependientes; además, parecieran en gran medida no coincidir con el sistema ya que por un lado no condicionan la evolución del sistema, pero tampoco permiten obtener ninguna ventaja del mismo.

7. *Capacidad de transporte, oferta de ferrocarril.* Cada empresa ferroviaria muestra su capacidad de transporte dentro de su página en internet.
8. *Capacidad de transporte, oferta de barco.* Esta información se debe consultar con cada empresa que se dedique a transporte marítimo, específicamente al cabotaje.
11. *Rutas de transporte.* Las rutas de transporte se han mencionado dentro de la presente tesis en el punto 4.2 *Red de transporte O – D.*
13. *Disponibilidad en puertos de equipo especializado.* La SCT publica este tipo de información.
15. *Capacidad de transporte, oferta de autotransporte.* Es posible consultar esta información con cada empresa que se dedique al autotransporte.

Cuadrante III. Dentro del cuadrante III se incorporan las variables muy dependientes y poco motrices.

Estas variables situadas en el cuadro inferior derecho del gráfico, son al mismo tiempo un tanto influyentes y muy dependientes. Por tanto, son especialmente sensibles a la evolución de las variables determinantes (cuadrante I) o de conflicto (cuadrante II).

5. *Distancia de recorrido.* Las matrices con información de distancias de recorrido para autotransporte, ferrocarril y cabotaje para el caso particular de esta tesis se encuentran dentro del *Anexo 5*.
9. *Costo total ferrocarril.* Este tema se ha tratado dentro del punto 4.3.2 *Costos de transporte por ferrocarril*.
10. *Costo total cabotaje.* Este tema se ha tratado dentro del punto 4.3.3 *Costos de transporte por cabotaje*.
16. *Costo total de autotransporte.* Este tema se ha tratado dentro del punto 4.3.1 *Costos de autotransporte*.

Cuadrante II. Este cuadrante contiene las variables muy motrices y muy dependientes, variables relevantes dependientes de rango 1 que se consideran como variables autónomas de conflicto, esto es que descartarlas del análisis cambiaría por completo cada escenario.

Estas variables autónomas o de conflicto son muy influyentes y muy dependientes, los que significa que, por naturaleza, son factores de inestabilidad puesto que cualquier acción sobre de ellas tienen consecuencias sobre todas las otras variables del sistema. Estas variables se ubican dentro del cuadro superior derecho del gráfico.

6. *Precio de combustible.* Es posible conocer el precio de combustible por tonelada – kilómetro transportado, por familia logística, para cada tipo de transporte. En el Capítulo 4, dentro del punto 4.3 Costos de transporte se menciona el precio de combustible para cada caso.
12. *Disponibilidad de servicio de ferrocarril.* Cada empresa ferroviaria cuenta con este tipo de información.
14. *Flujos Origen – Destino.* Los flujos O – D se han mencionado en el apartado 4.1.2 Flujo O-D por sentido. La posibilidad de utilizar el cabotaje dependerá del sentido de los flujos (de N-S o S-N en la costa Pacífico), por lo tanto se trata de una variable “sensible”.
17. *Disponibilidad de autotransporte.* La disponibilidad de autotransporte se consulta con cada empresa del ramo de autotransporte.

Lógica de construcción de escenarios, desarrollo del cabotaje.

Después de haber determinado las variables claves por el método de análisis estructural, es posible construir escenarios a partir de una serie de hipótesis posibles.

Etapa 1.

Dentro de la primera etapa, es posible pensar en dos proyecciones base, el escenario optimista y el de referencia.

- Dentro del primero, el cabotaje podría tener un gran auge, una alta participación en el futuro debido a los bajos costos en el transporte de mercancía, además es sencillo pensar que la República Mexicana está rodeada de mar y al transportar mercancía por mar no se dañaría infraestructura carretera costosa.
- El escenario de referencia se basa en el histórico del cabotaje, y lo que indica la tendencia actual del cabotaje es la reducción significativa de la utilización del cabotaje, esto es posible visualizarlo en las tablas 2-1 y 2-2 del capítulo 2.3 Cabotaje en México, en donde se observa que la participación ha disminuido a través de los años.

Dentro de la tabla 4-41 se observa que familias logísticas como: general contenerizada y granel agrícola han dejado de utilizar el cabotaje o redujeron su uso como medio de transporte, según la SCT.

Tabla 4-41. Serie histórica para cabotaje, entrada litoral del Océano Pacífico.

SERIE HISTÓRICA PARA CABOTAJE (TONELADAS) LITORAL PACÍFICO								
TIPO DE CARGA	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ENTRADA	24,629,021	26,550,567	25,442,501	25,510,863	26,205,595	25,321,170	28,184,431	28,608,663
General suelta	2,385,991	2,611,676	2,888,517	3,485,604	3,521,001	3,171,416	3,168,718	3,296,970
General contenerizada	11,637	2,614	-	-	-	7	-	-
Granel agrícola	87,635	255,816	87,020	172,202	-	157,708	86,550	19,445
Granel mineral	9,586,610	10,521,366	9,940,913	9,752,794	11,901,908	11,036,722	13,614,643	14,113,431
Petróleo y derivados	12,557,148	13,159,095	12,526,051	12,100,263	10,771,490	10,955,317	11,314,520	11,178,817
Otros fluidos	-	-	-	-	11,196	-	-	-
SALIDA	23,903,740	25,557,535	24,941,646	25,020,744	25,462,289	23,983,630	27,153,244	28,084,445
General suelta	2,165,809	2,399,033	2,756,738	3,158,729	3,116,784	2,819,830	2,876,050	2,944,599
General contenerizada	2,561	38	191	-	-	-	-	-
Granel agrícola	159,408	368,411	212,869	302,116	32,352	364,774	246,838	45,331
Granel mineral	9,238,302	9,925,712	9,609,302	9,629,993	11,754,412	10,389,496	13,041,040	13,929,259
Petróleo y derivados	12,337,660	12,844,341	12,362,546	11,929,906	10,558,741	10,368,618	10,989,316	11,165,256
Otros fluidos	-	20,000	-	-	-	40,912	-	-

Fuente: SCT, 2011.

Etapa 2.

La etapa dos debe incluir las variables más importantes, es decir, las variables del cuadrante I, variables de las que va a depender la mayor parte del sistema; además las variables del cuadrante IV, son poco motrices y poco dependientes.

Tipos de mercancías compatibles con el cabotaje (poco exigentes en tiempo). Se sabe que el transporte de mercancía marítima, específicamente hablando del cabotaje, no forma parte de los transportes más veloces ya que su velocidad promedio es de 14 nudos, es decir, 14 millas marinas o 25.928 km/h \approx 26 km/h; pero al mismo tiempo la capacidad de carga de este medio de transporte es muy alta puesto que es capaz de transportar alrededor de 10 mil toneladas, lo que lo convierte en un medio de transporte viable para mercancías que no tienen urgencia para ser entregadas. Los escenarios se plantean con mercancías poco exigentes en tiempo.

Las variables de: *demanda por tipo de mercancías, localización geográfica del origen y localización geográfica del destino* son de gran importancia para conocer el comportamiento de los flujos de carga por tipo de mercancía y así proyectar la tendencia de los flujos para poder plantear las rutas que se podrían seguir.

Finalmente, dentro de esta etapa, se introducen las variables: *oferta de ferrocarril, oferta de barco, oferta de autotransporte y disponibilidad en puertos de equipo especializado* esto con el fin de plantear la existencia de posible competencia entre los tres modos de transporte.

Etapa 3.

Dentro de la etapa tres se mencionan variables del cuadrante II, que hacen referencia a variables de conflicto que, como ya se mencionó, son muy influyentes y muy dependientes.

Variables como *precio de combustible* son de gran importancia en el sistema debido a que cualquier cambio en el costo del combustible tendrá consecuencias sobre todas las demás variables, como por ejemplo en las variables de *costo total*, por ello es conveniente crear escenarios con precios de combustible para barco, autotransporte y ferrocarril.

Dos variables más que se encuentran dentro de este sistema son: *disponibilidad de servicio de ferrocarril* y *disponibilidad de autotransporte*; estas dos variables son indispensables en el sistema ya que, por ejemplo, si existe servicio de ferrocarril en puerto de origen y en puerto de destino, entonces existirá competencia cabotaje vs ferrocarril o competencia cabotaje – ferrocarril vs autotransporte, de lo contrario la competencia será entre cabotaje – autotransporte vs autotransporte.

Etapa 4.

Las variables del cuadrante III se integran en esta última etapa, es decir, variables muy dependientes y poco motrices.

Distancia de recorrido dependerá de variables como *localización geográfica del origen* y *localización geográfica del destino* ya que de acuerdo a la ubicación de cada punto, es posible conocer la distancia de recorrido.

Costo total ferrocarril, *costo total cabotaje* y *costo total de autotransporte* son variables indispensables que caracterizarán el flujo de la red. Estas variables dependerán de otras como *precio de combustible*, *demanda por tipo de mercancías*, entre otras.

Ejemplo de ilustración de construcción de escenarios.

A continuación se ilustrará con un ejemplo para el caso de la familia logística *petróleo y derivados*.

Los productos de la familia logística *petróleo y derivados* son productos poco exigentes en tiempo que tienen una gran demanda en puertos como: Guaymas, Lázaro Cárdenas, Manzanillo y Topolobampo (tabla 4-42), todos ellos con origen en el puerto de Salina Cruz; dentro de estos puertos, al ser de los más importantes del país, existe disponibilidad de equipo especializado para productos petrolíferos, además existe oferta de autotransporte.

Tabla 4-42. Cabotaje Océano Pacífico por sentido y familia logística, 2011.

Tipo	Nacional								
Sentido	Sur – Norte								
Familia logística	Petróleo y derivados								
Ton. (miles)	Puerto Destino								
Puerto Origen	Guaymas	La Paz	Lázaro Cárdenas	Manzanillo	Mazatlán	Puerto Libertad	Rosarito	Topolo-bampo	Total general
Lázaro Cárdenas				157.6	59.2	92.8			309.6
Salina Cruz	1,741.6	1,039.7	2,705.1	4,830.8	119.8	1,238.0	1,412.9	3,731.2	16,856.1
Total general	1,741.6	1,039.7	2,705.1	4,988.4	179.0	1,331.0	1,412.9	3,731.2	17,165.7

Fuente: Elaboración propia con base en SCT, 2011.

Tomando únicamente los casos de Manzanillo (4,830.81 miles de toneladas al año) y Guaymas (1,741.56 miles de toneladas al año) con fin de simplificar el ejemplo entonces se procede a conocer si podrá entrar en competencia el transporte ferroviario, para ello se puede observar la figura 4.5 (contenido en el punto 4.2 Red de transporte O – D) en donde se muestra que los puertos antes mencionados sí cuentan con acceso ferroviario, entonces podrá existir la siguiente competencia:

Tabla 4-43. Posible competencia en destinos como Manzanillo y Guaymas

Destino	Manzanillo	Guaymas
Opciones	cabotaje vs ferrocarril cabotaje + ferrocarril vs autotransporte cabotaje + autotransporte vs autotransporte	cabotaje vs ferrocarril cabotaje + ferrocarril vs autotransporte cabotaje + autotransporte vs autotransporte

Fuente: Elaboración propia.

Estableciendo las rutas para cada tipo de transporte se obtiene la siguiente tabla de distancias desde Salina Cruz, para cada caso:

Tabla 4-44. Tabla de distancias de los diferentes medios de transporte, km.

Destino	Manzanillo			Guaymas		
Tipo de transporte Origen	Cabotaje	Ferrocarril	Autotransporte	Cabotaje	Ferrocarril	Autotransporte
Salina Cruz	1,174	1,798	1,316	2,400	2,810	2,586

Fuente: Elaboración propia con base en Ferrocarriles Mexicanos (2014) y medidas tomadas con software TransCAD.

Nota. Las cifras del cabotaje son aproximadas debido a que no existen rutas fijas establecidas.

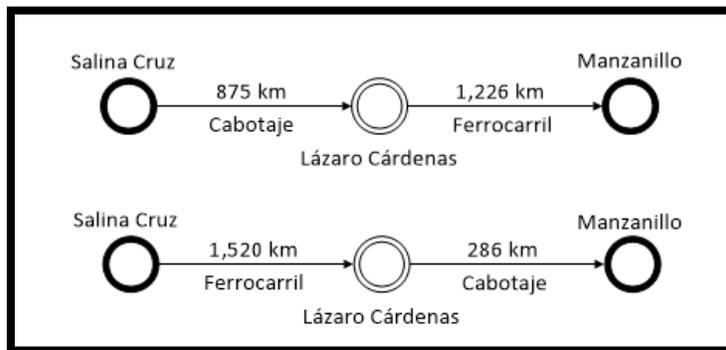
Con lo anterior, se observa que la distancia de recorrido es menor por medio del cabotaje. Pensando en el costo por kilómetro recorrido, el cabotaje tiene la posibilidad de ser el más económico pero es necesario tener en cuenta otros costos implicados (vistos en el capítulo 4) para poder determinar el costo total.

A continuación, se aumentará la competencia que incluye: cabotaje más ferrocarril contra autotransporte para ambos casos y, de la misma manera, la competencia que incluye: cabotaje más autotransporte contra autotransporte.

Dentro de la figura 4.19, se muestran dos opciones. La primera opción implica trasladar la mercancía en barco desde Salina Cruz hasta Lázaro Cárdenas y posteriormente utilizar el servicio ferroviario para llevar la mercancía desde Lázaro Cárdenas hasta Manzanillo. Mientras que en la segunda opción, la carga sale de Salina Cruz en ferrocarril y es transportada hasta Lázaro Cárdenas, pasando por el nodo virtual ferroviario de Celaya; al llegar al puerto, la carga se transporta por medio de barco a su destino final, Manzanillo.

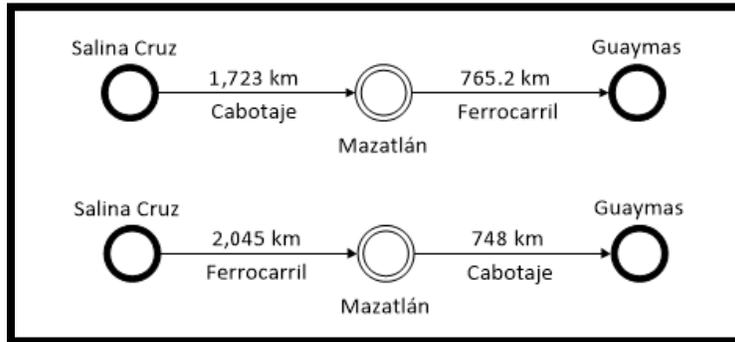
La figura 4.20 muestra, de igual manera que la anterior, dos opciones. En la primera se observa la carga saliendo en barco de Salina Cruz a Mazatlán y de ahí viaja mediante tren hacia Guaymas. En la siguiente se aprecia la carga saliendo de Salina Cruz a Mazatlán en tren y de Mazatlán a Guaymas en barco.

Figura 4.19: Salina Cruz – Manzanillo, competencia multimodal ferrocarril – cabotaje.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.20: Salina Cruz – Guaymas, competencia multimodal ferrocarril – cabotaje.

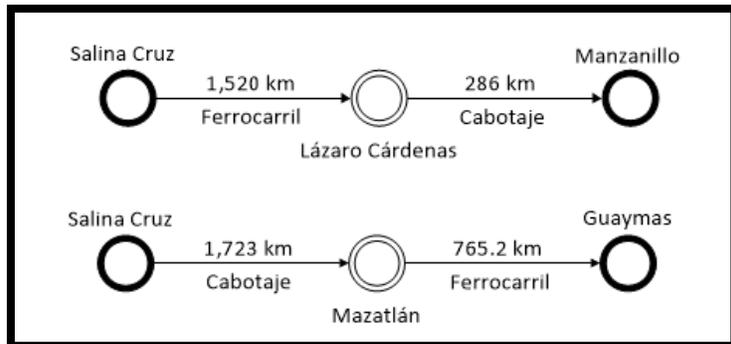


Fuente: Elaboración propia.

Al tener dos opciones para cada caso, se determinó utilizar la opción que contenga un nodo virtual en su ruta, de no existir, se toma en cuenta el que posea menos kilómetros por recorrer.

Con lo anterior, las dos rutas que se tomarán para el estudio son: de Salina Cruz a Manzanillo utilizando primero el ferrocarril y posteriormente el barco y de Salina Cruz a Guaymas la opción que primero utiliza el barco y posteriormente el ferrocarril (figura 4.21).

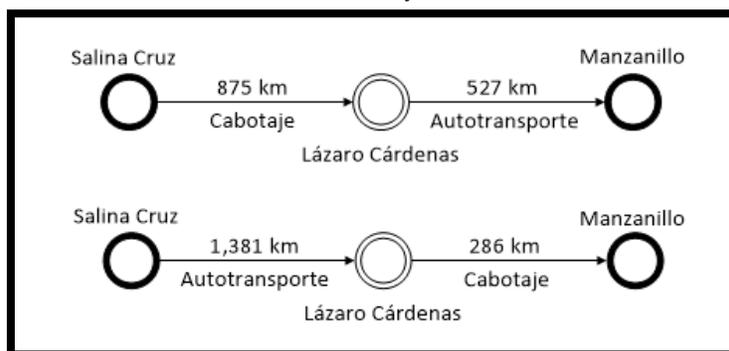
Figura 4.21: Salina Cruz – Manzanillo y Salina Cruz – Guaymas, competencia multimodal ferrocarril – cabotaje.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se realiza el procedimiento para el caso de competencia de cabotaje más autotransporte contra autotransporte.

Figura 4.22: Salina Cruz – Manzanillo, competencia multimodal autotransporte – cabotaje.



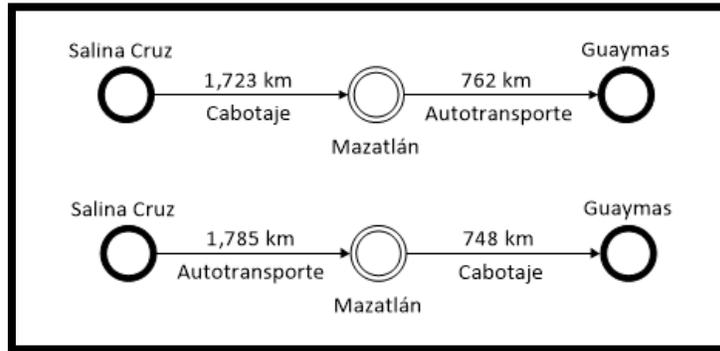
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.22 se muestran las dos opciones de transporte multimodal más convenientes para el caso de Salina Cruz – Manzanillo, en la primera se observa el traslado de mercancía por medio de cabotaje de Salina Cruz hasta Lázaro Cárdenas, en donde se recorren 875 km aproximadamente, recordando que **no existen rutas establecidas para el cabotaje** y por tanto únicamente se realiza una aproximación; posteriormente se transporta la mercancía de Lázaro Cárdenas a Manzanillo por autotransporte, cabe señalar que la ruta establecida únicamente utiliza los corredores del sistema carretero nacional. La segunda opción utiliza el autotransporte para mover la carga 1,381 km desde Salina Cruz hasta Lázaro Cárdenas, pasando por el nodo virtual Distrito Federal. En Lázaro Cárdenas la mercancía es transportada por medio de barco 286 km aproximadamente hasta Manzanillo.

En la figura 4.23 se exponen dos opciones para el caso Salina Cruz – Guaymas; dentro del primer caso, la mercancía se transporta por medio de cabotaje 1,723 km, de Salina Cruz a Mazatlán y posteriormente de Mazatlán a Guaymas se recorren 762 km por autotransporte. En el segundo caso, primero se recorren 1,785 km por autotransporte hasta Mazatlán y 748 km por cabotaje.

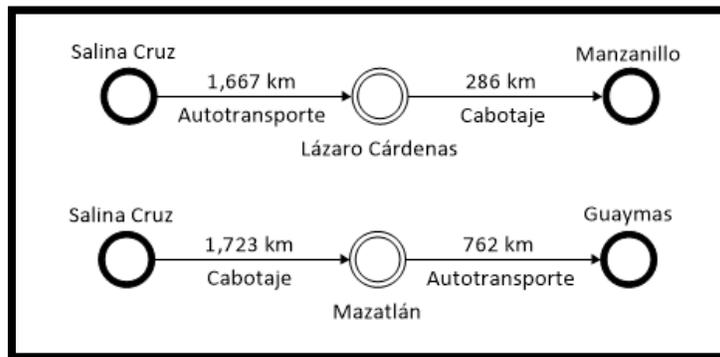
En la figura 4.24 se muestra las opciones a considerar para este ejemplo.

Figura 4.23: Salina Cruz – Guaymas, competencia multimodal autotransporte – cabotaje.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.24: Salina Cruz – Manzanillo y Salina Cruz – Guaymas, competencia multimodal autotransporte – cabotaje.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-45. Tabla de distancias de los diferentes medios de transporte y opciones multimodal, km.

Destino	Manzanillo					Guaymas				
	Cabotaje	FFNN	APF	FFNN + Cabotaje	APF + Cabotaje	Cabotaje	FFNN	APF	Cabotaje + FFNN	Cabotaje + APF
Tipo de transporte										
Origen										
Salina Cruz	1,174	1,798	1,316	1,520 + 286	1,667 + 286	2,400	2,810	2,586	1,723 + 765	1,723 + 762

Fuente: Elaboración propia con base en Ferrocarriles Mexicanos (2014) y medidas tomadas con software TransCAD.

Nota. Las cifras del cabotaje son aproximadas debido a que no existen rutas fijas establecidas.

En la tabla 4-45 se presenta la información resumida, esta será utilizada para conocer el costo por tonelada por kilómetro recorrido de las diferentes opciones.

Dentro del numeral 4.3 *Costos de transporte* se presentan los diferentes costos de transporte, en donde se multiplica el número de kilómetros por el costo y de ahí se derivan las tablas 4-46 y 4-47, las cuales muestran los costos por toneladas por kilómetros recorridos para cada opción. Es importante recordar que para conocer el costo total es necesario contemplar otros costos implicados en el transporte de mercancía.

Para el caso del cabotaje, en el numeral 4.3.3 se menciona el costo de flete marítimo por día. Partiendo de la velocidad promedio de un barco, que es de 26 km/h, entonces se realiza una conversión de kilómetros recorridos a días de viaje para conocer el costo de flete de cabotaje. De esta manera, los días necesarios para transportar la mercancía por barco, de Salina Cruz a Manzanillo, son 2 días, pero cuando el recorrido es de 286 km, entonces se reduce a un día de viaje. En el caso de Salina Cruz a Guaymas, los días de viaje son 4 días si únicamente se viaja en barco; cuando se recorren 1,723 km, los días de viaje son 3 días.

Tabla 4-46. Costos de mercancía transportada por los diferentes medios de transporte, caso Salina Cruz – Manzanillo, (\$MXN/tonelada, 2013).

Destino Tipo de transporte Origen	Manzanillo					
	Cabotaje		FFNN		APF	
Condiciones	Tipo 1	Tipo 2	Locomotoras 1,400 HP, carro plano	Locomotoras 2,300 HP, carro plano	Tractocamión T3-S2, FTL	LTL
Salina Cruz	176	188	634	514	1,454	1,875

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-47. Costos de mercancía transportada por medios de opciones multimodal, caso Salina Cruz – Manzanillo, (\$MXN/tonelada, 2013).

Destino Tipo de transporte Origen	Manzanillo					
	FFNN + Cabotaje				APF + Cabotaje	
Condiciones	Locomotoras 1,400 HP + barco tipo 1	Locomotoras 1,400 HP + barco tipo 2	Locomotoras 2,300 HP + barco tipo 1	Locomotoras 2,300 HP + barco tipo 2	Tractocamión T3-S2 FTL + barco tipo 1	Tractocamión T3-S2 FTL + barco tipo 2
Salina Cruz	536+43= 579	536+46= 582	435+43= 478	435+46= 481	1,842+43= 1,885	2,376+46= 2,422

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-48. Costos de mercancía transportada por diferentes medios de, caso Salina Cruz – Guaymas, (\$MXN/tonelada, 2013).

Destino Tipo de transporte Origen	Guaymas					
	Cabotaje		FFNN		APF	
Condiciones	Tipo 1	Tipo 2	Locomotoras 1,400 HP	Locomotoras 2,300 HP	Tractocamión T3-S2	
					FTL	LTL
Salina Cruz	360	384	991	804	2,858	3,685

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-49. Costos de mercancía transportada por medios de opciones multimodal, caso Salina Cruz – Guaymas, (\$MXN/tonelada, 2013).

Destino Tipo de transporte Origen	Guaymas					
	FFNN + Cabotaje				APF + Cabotaje	
Condiciones	Barco tipo 1 + locomotora 1,400 HP	Barco tipo 2 + locomotora 1,400 HP	Barco tipo 1 + locomotora 2,300 HP	Barco tipo 2 + locomotora 2,300 HP	Barco tipo 1 + tractocamión T3-S2 FTL	Barco tipo 2 + tractocamión T3- S2 FTL
Salina Cruz	258.45+ 269.7 = 528	275.68+ 269.7 = 545.38	258.45+ 218.8 = 477.25	275.68+ 218.8 = 494.48	258.45+ 842 = 1,100.45	275.68+1,085.9= 1,361.58

Fuente: Elaboración propia.

4.5 MÉTODO DE ARBITRAJE: CABOTAJE, AUTOTRANSPORTE Y FERROCARRIL.

El principal problema de la presente tesis es la minimización de los costos de logística, tanto de los costos de transporte como de los costos asociados. Para resolver el problema planteado, el modelo a utilizar debe contemplar las tres opciones en competencia ya mencionadas:

1. **Cabotaje vs ferrocarril.** Las familias logísticas que compiten son: granel mineral y granel agrícola.
2. **Cabotaje – ferrocarril vs autotransporte.** Las familias que compiten son: general suelta, contenerizada, petróleo y derivados, así como la familia: otros.
3. **Cabotaje – autotransporte vs autotransporte.** Las familias son: general suelta, contenerizada, petróleo y derivados, así como la familia: otros.

Por lo tanto, lo anterior se simplifica en una ecuación de minimización de costos, como se muestra a continuación:

$$\text{Minimizar } z = \sum c_{xk} b_{ijk}^x d_{ijk}^x$$

Donde,

c_{xk} = costo de transporte [\$ por km recorrido por tonelada]

$x = C, F, A, FC, AC$

$C = \text{cabotaje}$

$F = \text{ferrocarril}$

$A = \text{autotransporte}$

$FC = \text{ferrocarril} + \text{cabotaje}$

$AC = \text{autotransporte} + \text{cabotaje}$

$b_{ijk}^x = \text{volumen de carga a transportar [toneladas]}$

$d_{ijk}^x = \text{distancia [kilómetros]}$

$ij = [\text{Origen, Destino}]$

$k = \text{periodo de análisis (año base, años recurrentes)}$

Cuando se intenta transportar una carga de un lugar a otro y con dos o más medios de transporte es necesario incluir los costos relacionados con el cambio de modo en la función objetivo, de esta manera se define la función objetivo por familia logística como sigue:

$$\text{Minimizar } z = \sum c_{xk} b_{ijk}^x d_{ijk}^x + \sum V_{xk} M_{xk}$$

Donde,

V_{xk} = volumen de carga que cambia de modo de transporte [toneladas]

M_{xk} = costos asociados a mover la carga de un modo a otro [\$/toneladas]

No se consideran los costos de almacenaje en puertos, lo que implica que los puertos no se consideran como nodos intermediarios (esto es que se analizan los movimientos de puerta a puerta, origen – destino final). En consecuencia, toda la carga que entra en estos nodos vuelve a salir y los únicos costos asociados son: administración portuaria, capitanería, pilotaje, estiba, desestiba, muelle (eslora), movimiento de carga en el puerto.

El siguiente paso es conocer las restricciones, para ello es necesario tomar en cuenta diversos aspectos como:

La capacidad del transporte es limitada y diferente para cada caso

- a. Marítimo
 - i. Capacidad de carga del barco
 - ii. Capacidad en muelle (eslora)
 - iii. Capacidad de estiba – desestiba (grúas o equipo de bombeo)
- b. Ferroviario
 - i. Capacidad en patios ferroviarios
 - ii. Capacidad de carga del tren y capacidad de las vías
 - iii. Capacidad a pie de barco
- c. Autotransporte
 - i. Capacidad de carga del autotransporte
 - ii. Capacidad a pie de barco

Contemplando lo anterior, las restricciones, en su forma matemática, se presentan a continuación.

La carga a transportar debe ser igual a la demanda, por lo tanto:

$$\sum b_{ijk}^x = D_k$$

Donde,

$$D_k = \text{Demanda del producto en el periodo } k$$

La siguiente restricción hace referencia a que el volumen de carga de cada arco ij va a tener una limitante en su capacidad, dependiendo del modo de transporte. Dentro del modo marítimo, por ejemplo, su limitante se relaciona con la capacidad del barco.

$$\sum b_{ijk}^x \leq Cmax_{ijk}^x$$

Donde,

$$Cmax_{ijk}^x = \text{Capacidad máxima que soporta un arco para el modo } x \text{ en el periodo } k$$

La restricción que indica que los puertos marítimos y los patios ferroviarios tienen una capacidad limitada, es la siguiente:

$$\sum b_{ijk}^x \leq kmax_{ijk}^x$$

Donde,

$$kmax_{ijk}^x = \text{Capacidad máxima en muelles o patios en los nodos } i \text{ } j \text{ en el periodo } k$$

En los puertos, para bajar la carga de los barcos se utiliza equipo especial como grúas o equipo de bombeo, en el caso de que la carga sea de la familia logística de fluidos, para ello existe la siguiente restricción.

$$\sum b_{ijk}^c \leq emax_{ijk}^x$$

Donde,

$$\begin{aligned} emax_{ijk}^x \\ = \text{Capacidad máxima de grúas o equipo de bombeo en los nodos } i \text{ } j \text{ en el periodo } k \end{aligned}$$

Para mover la carga desde los barcos y hacia el ferrocarril, en algunos puertos existen vías al pie de barco con el fin de facilitar el cambio modal, aunque muchas veces esta capacidad es limitada, por eso es necesaria la creación de la siguiente restricción.

$$\sum b_{ijk}^x \leq bmax_{ijk}^x$$

Donde,

$bmax_{ijk}^x = \text{Capacidad máxima a pie de barco en los nodos } i \text{ y } j \text{ en el periodo } k$

Finalmente, se debe agregar la restricción de no negatividad.

$$(c_{xk}, b_{ijk}^x, d_{ijk}^x) \geq 0$$

Ejemplo de ilustración del método de arbitraje.

Siguiendo con el ejemplo visto dentro del punto 4.4 Pronóstico de demanda, el cual muestra la construcción de escenarios para el caso de la familia logística de *petróleo y derivados*. Se presenta, a continuación, un ejemplo utilizando el método de arbitraje, para el caso de Salina Cruz – Manzanillo en el año inicial 2011 (k=0).

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } z &= \sum c_{x0} b_{ij0}^x d_{ij0}^x \\ &= c_{C0} b_{SC,M,0}^C d_{SC,M,0}^C + c_F b_{SC,M,0}^F d_{SC,M,0}^F + c_A b_{SC,M,0}^A d_{SC,M,0}^A + c_{FC} b_{SC,M,0}^{FC} d_{SC,M,0}^{FC} + c_{AC} b_{SC,M,0}^{AC} d_{SC,M,0}^{AC} \\ &= (0.16)(b_{SC,M,0}^C)(1,174) + (0.2861)(b_{SC,M,0}^F)(1,798) + (1.4251)(b_{SC,M,0}^A)(1,316) \\ &\quad + \{[(0.286)(1,520)] + [(0.16)(286)]\}(b_{SC,M,0}^{FC}) \\ &\quad + \{[(1.4251)(1,667)] + [(0.16)(286)]\}(b_{SC,M,0}^{AC}) \\ &= 187.84(b_{SC,M,0}^C) + 514.4078(b_{SC,M,0}^F) + 1,875.4316(b_{SC,M,0}^A) + 480.48(b_{SC,M,0}^{FC}) \\ &\quad + 2,421.4017(b_{SC,M,0}^{AC}) \end{aligned}$$

Sujeto a:

$$b_{SC,M,0}^C + b_{SC,M,0}^F + b_{SC,M,0}^A + b_{SC,M,0}^{FC} + b_{SC,M,0}^{AC} = 4,830.81[\text{ton}]$$

$$b_{SC,M,0}^C \leq 8,400 [\text{ton}]$$

$$b_{SC,M,0}^F \leq 1,200[\text{ton}]$$

$$b_{SC,M,0}^A \leq 29 [\text{ton}]$$

$$b_{SC,M,0}^{FC} \leq 8,400 [\text{ton}]$$

$$b_{SC,M,0}^{AC} \leq 8,400 [\text{ton}]$$

$$b_{SC,M,0}^C, b_{SC,M,0}^F, b_{SC,M,0}^A, b_{SC,M,0}^{FC}, b_{SC,M,0}^{AC} \geq 0$$

Es importante señalar que dentro de este ejemplo no será posible incluir todas las restricciones que deben ser tomadas en cuenta debido a la escasa información que

existe. La restricción faltante es las que hace referencia a la capacidad de las grúas o equipo de bombeo; mientras que la restricción: $\sum b_{ijk}^x \leq bmax_{ijk}^x$, dentro de este caso, es igual a cero debido a que en nuestro país existen muy pocos puertos que cuentan con servicio ferroviario a pie de barco, de existir, el país podría verse beneficiado.

Para resolver los problemas de programación lineal como el anterior, es necesaria la utilización de modelos de asignación. Dentro del punto 3.4.1 método dual – simplex, se describe un método comúnmente usado para resolver problemas en donde el objetivo sea la minimización de costos.

El primer paso de este método es realizar una tabla en forma de matriz (tabla 4-50) que contenga la función objetivo, así como las restricciones, insertando variables de holgura no negativas en cada restricción. Al existir una igualdad en la primera restricción es claro que no es necesario introducir una variable de holgura, pues ya no existe desigualdad que eliminar, pero de esta manera no se está cumpliendo con el primer paso de agregar variables de holgura; es posible resolver esta complicación reemplazando la igualdad por dos desigualdades que contengan los mismos elementos de la restricción y signos de desigualdad con sentidos contrarios entre sí:

$$b_{SC,M,0}^C + b_{SC,M,0}^F + b_{SC,M,0}^A + b_{SC,M,0}^{FC} + b_{SC,M,0}^{AC} \leq 4,830.81[ton]$$

$$b_{SC,M,0}^C + b_{SC,M,0}^F + b_{SC,M,0}^A + b_{SC,M,0}^{FC} + b_{SC,M,0}^{AC} \geq 4,830.81[ton]$$

De esta manera se genera una nueva complicación al tener una desigualdad de la forma \geq , pero la solución es muy sencilla y consiste en multiplicar ambos lados de la restricción por menos uno (-1), con esta operación se invierte el signo y queda de la manera:

$$-b_{SC,M,0}^C - b_{SC,M,0}^F - b_{SC,M,0}^A - b_{SC,M,0}^{FC} - b_{SC,M,0}^{AC} \leq -4,830.81[ton]$$

Tabla 4-50. Tabla simplex inicial, ejemplo

V.b.	No. Ec.	$b_{SC,M,0}^C$	$b_{SC,M,0}^F$	$b_{SC,M,0}^A$	$b_{SC,M,0}^{CF}$	$b_{SC,M,0}^{CA}$	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7		b_0
Z	0	-188	-514	-1,875	-480	-2,421	0	0	0	0	0	0	0	=	0
h_1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	=	4,831
h_2	2	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	0	0	0	0	=	-4,831
h_3	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	=	8,400
h_4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	=	1,200
h_5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	=	29
h_6	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	=	8,400
h_7	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	=	8,400

Fuente: Elaboración propia

Al tratarse de un problema en donde el objetivo es minimizar la función, el paso dos es determinar una variable que disminuya más rápidamente el valor de Z cuando adquiere un valor positivo, en este caso ese valor es -188, de esta manera, la variable básica entrante es $x_e = b_{SC,M,0}^C$. Una vez conociendo la variable entrante, será necesario conocer la variable básica de salida, la cual dejará la base, esto por medio de:

$$\phi_i = \frac{b_0}{a_{ie}}$$

Donde,

$$\phi_i = \begin{cases} \frac{b_0}{a_{ie}} & ; a_{ie} > 0 \\ \infty & ; a_{ie} \leq 0 \end{cases}$$

Tabla 4-51. Tabla simplex inicial, ejemplo

V.b.	No. Ec.	$b_{SC,M,0}^C$	$b_{SC,M,0}^F$	$b_{SC,M,0}^A$	$b_{SC,M,0}^{CF}$	$b_{SC,M,0}^{CA}$	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	b_0	ϕ_i
Z	0	-188	-514	-1,875	-480	-2,421	0	0	0	0	0	0	0	0	
h_1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4,831	$\frac{4,831}{1} = 4,831$
h_2	2	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	0	0	0	0	-4,831	$\frac{-4,831}{-1} = \infty$
h_3	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8,400	$\frac{8,400}{1} = 8,400$
h_4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1,200	$\frac{1,200}{0} = \infty$
h_5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	29	$\frac{29}{0} = \infty$
h_6	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1,200	$\frac{8,400}{0} = \infty$
h_7	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	8,400	$\frac{8,400}{0} = \infty$

Fuente: Elaboración propia.

De tal forma que la variable de salida será la variable que se hará negativo primero, cuando el valor de la variable básica entrante se incrementa, en este caso es:

$$h_1 = \frac{4831}{1} = 4831$$

A continuación, utilizando el método de Gauss-Jordan, por medio de operaciones elementales, se define la nueva solución factible, es decir que será necesario hacer cero todas las variables no básicas.

Tabla 4-52. Tabla simplex inicial, iteración 1

	V.b.	No · Ec.	$b_{SC,M,0}^C$	$b_{SC,M,0}^F$	$b_{SC,M,0}^A$	$b_{SC,M,0}^{CF}$	$b_{SC,M,0}^{CA}$	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	b_0
$-188h_1$ $-Z \rightarrow$	Z	0	0	326	1,687	292	2,233	-188	0	0	0	0	0	0	-908,228
	$b_{SC,M,0}^C$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4,831
$h_1 + h_2$ \rightarrow	h_2	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
$h_1 - h_3$ \rightarrow	h_3	3	0	1	1	1	1	1	0	-1	0	0	0	0	-3,569
	h_4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1,200
	h_5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	29
	h_6	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1,200
	h_7	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	8,400

Fuente: Elaboración propia.

En este caso ya no será necesaria una segunda iteración debido a que en la nueva ecuación número 0 (tabla 4-52) no existe ningún coeficiente negativo, sin tomar en cuenta las variables de holgura. De esta manera, la solución óptima es:

$$b_{SC,M,0}^C * = 4,831$$

$$Z * = 908,228$$

Lo anterior significa que es conveniente transportar toda la carga por medio de cabotaje. Es posible observar que el costo de transportar la mercancía por medio de cabotaje es menor a cualquiera de los otros modos de transporte, incluyendo el transporte multimodal.

Aplicando los pasos anteriores para un segundo ejercicio en donde se descarte la opción de cabotaje, es decir, que únicamente incluya ferrocarril, autotransporte, cabotaje – ferrocarril y cabotaje – autotransporte, se obtiene como resultado transportar la carga por medio de cabotaje – ferrocarril, esto es claramente visible debido a que es la segunda opción (la primera es cabotaje) que disminuye la función objetivo planteada en el ejemplo.

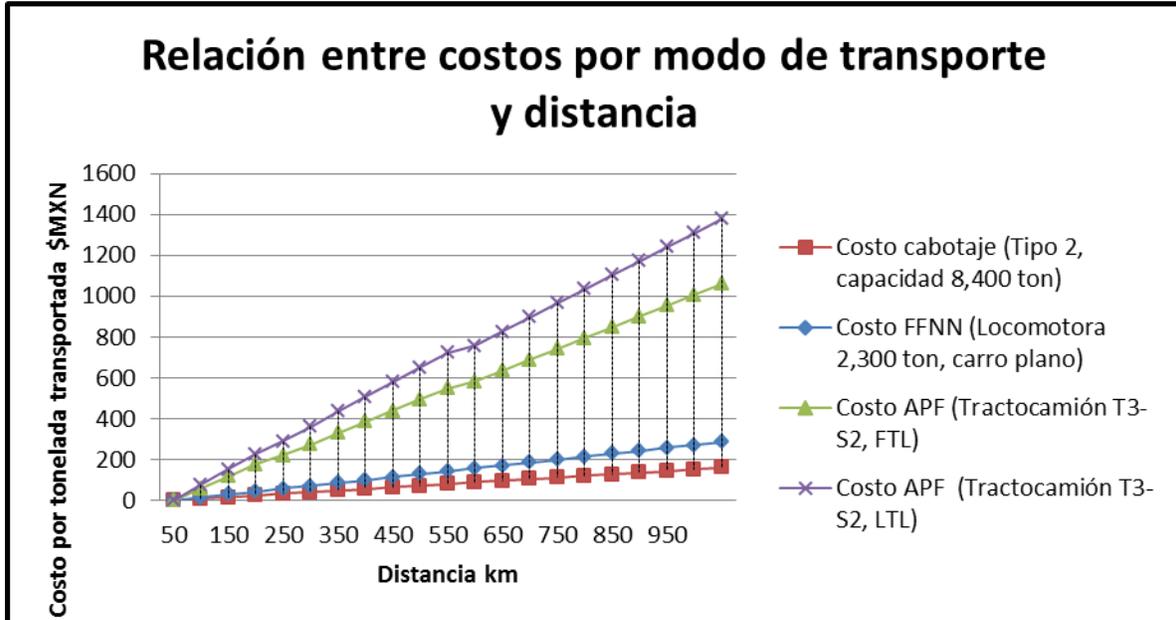
4.6 RESULTADOS.

En la figura 4.25 se observa el incremento de costos dependiendo del número de kilómetros recorridos, por modo de transporte. Es claramente visible que el costo de transportar una tonelada de un origen a un destino por medio de cabotaje es más económico que transportar por medio de autotransporte y el costo se va haciendo más notable conforme existe una mayor distancia de recorrido.

Dentro del ejemplo planteado, en el que se ejemplifica la competencia que existe dentro de la familia petróleo y derivados, se observa que esta familia compite con cabotaje –

ferrocarril vs autotransporte y cabotaje – autotransporte vs autotransporte; dentro del primer caso, es más económico mover la carga mediante cabotaje – ferrocarril que por medio de autotransporte.

Figura 4.25: Relación entre costos por modo de transporte y distancia, valores actualizados a 2013



Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, se obtiene la tabla 4-53, en la que se muestran las alternativas de competencia para las diferentes familias logísticas, en donde es posible observar que gránulos agrícolas es un campo en el que el cabotaje cuenta con gran posibilidad para competir. Además, la combinación cabotaje más ferrocarril, es una buena forma de transportar mercancía cuando existe acceso ferroviario al puerto; de no existir acceso, la única manera es transportar mediante autotransporte.

Tabla 4-53. Alternativas.

Tipo de transporte	Gránulos agrícolas	Gránulos minerales	Petróleos y derivados	General contenerizada	General suelta	Otros
Cabotaje	X	X	X		X	
Cabotaje + Ferrocarril	X	X	X		X	
Cabotaje + Autotransporte				X	X	
Ferrocarril			X	X	X	X
Autotransporte				X	X	

Fuente: Elaboración propia.

*Fluidos (exceptuando petróleo y derivados), carga refrigerada y carga especial

5. CONCLUSIONES

Dentro de esta metodología fue indispensable eliminar la variable tiempo debido a que el cabotaje es un transporte de baja velocidad, pero puede competir con los otros medios de transporte debido a que tiene mayor capacidad de carga comparada con los medios de transporte terrestre, con tal justificación, es posible que el cabotaje compita contra los otros medios (ferrocarril y autotransporte), de la misma manera, mediante las combinaciones; cabotaje – ferrocarril y cabotaje – autotransporte, se pueden llegar a obtener buenos resultados. Por lo anterior, las familias logísticas que compiten contra el cabotaje, son estrictamente no exigentes en tiempo, de no ser así, transportar mercancía perecedera podría requerir de refrigeración, lo cual aumentaría los costos de traslado.

El modelo que se maneja dentro de esta tesis no contempla almacén en puertos, es decir que toda la carga que se maneja tiene un origen y destino y no cuenta con nodos intermedios. Así mismo, en la metodología no existe simulación a futuro, debe aclararse que la calibración es para el año base dentro del ejemplo expuesto el año inicial es 2011.

Es indispensable mencionar que el método de construcción de escenarios utilizado (MICMAC) requiere de un grupo de trabajo compuesto por expertos para llevar a cabo una reflexión más profunda sobre los hallazgos encontrados en el comportamiento del sistema, esto no fue posible realizarlo en la presente tesis debido a la falta de un grupo que tuviera conocimientos en el área de transporte de carga marítimo, específicamente cabotaje.

El método dual-simplex, al ser un método para resolver modelos de programación lineal, recordando esto como un algoritmo matemático formulado a través de un sistema de ecuaciones lineales en donde su fin es optimizar la función objetivo, también lineal; está limitado debido a su linealidad, por esta razón no existen almacenes o nodos intermedios en el planteamiento del problema. Para resolver estos problemas, en donde va variando la demanda y la capacidad con respecto al tiempo, existen otro tipo de modelos llamados “modelos dinámicos”, los cuales se utilizan para modelar problemas en donde el impacto de una variable sobre otra va cambiando con respecto al tiempo y/o el impacto se hace notar durante un cierto número de periodos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2013). *Transporte Carretero de Carga en América Latina y el Caribe*. México, D.F.
- Beate Hovi, I., & Vold, A. (200). Obtenido de An Overview Over the National Freight Model for Norway.
- Camacho Lomelí, R. (2005). *El proceso global como transformador espacial, el caso de la carretera TLCAN en México. Memoria para optar por el título de Licenciada en Geografía*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal.
- Dirección General de Desarrollo Carretero. (Septiembre de 2006). Modelación de demanda para carreteras de cuota. México.
- Dr. Sharma, D., Dr. Hura, G., Dr. Rustagi, N., & Dr. Agarwal, K. (Octubre de 2010). Continental Gateway and Trade Corridor Quebec-Ontario Better Multimodality. *Global Digital Business Review (GDBR)*, 4(1), 37-44.
- El Banco Mundial. (2013). *El Banco Mundial. Trabajamos por un mundo sin pobreza*. Obtenido de Carreteras, total de la red (km): <http://datos.bancomundial.org/indicador/IS.ROD.TOTL.KM>
- Ferrocarril Mexicano S.A. de C.V. (2014). *Ferromex. Grupo México*. Obtenido de <http://www.ferromex.com.mx/servi/combu.html>
- Ferrocarril Mexicano, S.A. de C.V. (2012). *Informa Anual 2012. Ferromex Grupo México*. México, D.F.
- Ferrocarril Mexicano, S.A. de C.V. (2012). *INFORME ANUAL 2012*. México, D.F.
- Garza , G., & Schteingart, M. (2010). *Desarrollo urbano y regional*. México: El Colegio de México.
- Godet, M. (Enero de 2007). *Prospectiva Estratégica: problemas y métodos*. Obtenido de <http://www.prospektiker.es/prospectiva/caja-herramientas-2007.pdf>
- Godet, M., Arcade, J., Meunier, F., & Roubelat, F. (1999). Análisis estructural con el método MICMAC, y estrategia de los actores con el método MACTOR. *-futures Research Methodology*, 165-232. Obtenido de http://guajiros.udea.edu.co/fnsp/cvsp/politicaspUBLICAS/godet_analisis_estructural.pdf
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2006). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2006). *Introducción a la investigación de operaciones*. (J. E. Murrieta Murrieta, Trad.) México: McGraw-Hill Interamericana.

- Horsewood, N., & Monika Voicu, A. (Enero-Febrero de 2007). El Comercio en Europa Central y Oriental: ¿Han convertido en obsoletos los costes de transporte a los modelos gravitacionales? *Comercio Internacional y Costes de Transporte*(834), 113-131.
- INEGI. (2002). *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*. . Recuperado el 01 de Noviembre de 2012, de Dirección General de Geografía: http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aeum/2002/AEEUM%202002%20%28parte%201%29.pdf
- INEGI. (s.f.). *Cuéntame INEGI*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2012, de <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/terciario/transporte/maritimo.aspx?tema=E>
- Instituto Mexicano del Transporte . (2012). *Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2012*. Sanfandila, Qro.: Publicación Técnica No. 368.
- Instituto Mexicano del Transporte. (1991). *Modelos Matemáticos para Distribución de Viajes*. Querétaro, Querétaro: Publicación Técnica No. 31.
- Jimenez Martinez, F. (31 de Enero de 2008). *CELTIBERIA*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2012, de <http://www.celtiberia.net/articulo.asp?id=3159>
- Llano Verduras, C. (2004). The Interregional Trade in the Context of a Multiregional Input-Output Model for Spain. *Estudios de Economía Aplicada*, 22(3), 539-576.
- Marín Pinillos, B. (1994). *Investigación de operaciones I*. México, D.F.
- Miklos, T., & Arroyo, M. (Abril de 2008). *Blackboard Academic Suite. Plataforma educativa electrónica*. Obtenido de Prospectiva y escenarios para el cambio social: <http://ceadug.ugto.mx/iglu/lglu09/Modulo3/docs/Mikos%20y%20Margarita.pdf>
- Nicolás Pozo, M. (2009). *Definición de un Modelo de Simulación de Transporte Marítimo a Largo Plazo: Aplicación a la Unión Europea*. Barcelona.
- Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes. (s.f.). *Infraestructura carretera*. Recuperado el 01 de 11 de 2012, de http://archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Comisiones/2_transporte.htm#_ftn17
- Rallo Guinot, V. (2008). *Costes del transporte de mercancías por ferrocarril. Una primera aproximación para su estudio sistemático*. España.
- Sánchez Barajas, G. (11 de Abril de 2007). *Facultad de Economía. UNAM*. Obtenido de <http://www.economia.unam.mx/profesor/barajas/econom/econom1.pdf>
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Instituto Mexicano del Transporte. (2011). *Manual Estadístico del Sector Transporte 2011*. Sanfandila, Querétaro.

Secretaría de Gobernación. (13 de Diciembre de 2013). *Diario Oficial de la Federación*.
Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326590&fecha=13/12/2013

Secretaría de Transportes, Gobierno de Chile. (2011). *Análisis de la competitividad entre el transporte caminero y ferroviario respecto del acceso a puertos*. Chile.

Sotoca López, S. (2009). *Universidad Complutense Madrid* . Obtenido de <http://www.ucm.es/info/ecocuan/ectr1>

Steer Davies Gleave. (2011). *Análisis de costos y competitividad de modos de transporte terrestre de carga interurbana*. Santiago - Chile.

Velazquez Dominguez, M. (1997). *Aspectos legales y financieros de carreteras concesionadas*. México, D.F.

Vergara Schmalbach, J. C., Fontalvo Herrera, T. J., & Maza Ávila, F. (Julio-Diciembre de 2010). La planeación por escenarios: Revisión de conceptos y propuestas metodológicas. *Prospect*(28), 21-29.

Vergara Schmalbach, J. C., Fontalvo Herrera, T. J., & Maza Ávila, F. (1 de Octubre de 2010). La planeación por escenarios: Revisión de conceptos y propuestas metodológicas. *Prospect*, 8(2), 21-29.

7. ANEXOS

Anexo 1. Importaciones y exportaciones de México vía marítima dentro del Océano Pacífico.

Según la SCT, en su anuario estadístico de los puertos de México 2011, la carga internacional que se mueve por medio del Océano Pacífico, en su gran mayoría proviene del continente Americano y Asiático, esto se observa en la tabla 7-1.

Tabla 7-1. Importaciones por continente, que se mueven en el Océano Pacífico. 2011.

Continente	Toneladas
América	13,195,909
Asia	11,516,809
Oceanía	3,033,339
África	1,208,495
Europa	754,176
Información no disponible	724,818
Total general	30,433,546

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

Los principales países del continente americano a los cuales importamos mayor número de toneladas y que viajan únicamente por el Océano Pacífico son: Estados Unidos de América, Chile y Canadá.

Tabla 7-2. Importaciones, que viajan por el Océano Pacífico, de los principales países de América. 2011.

Países	Toneladas
América	13,195,909
Estados Unidos de América	6,460,471
Chile	2,602,687
Canadá	1,909,362
Guatemala	354,430
Demás países	1,868,959

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

Mientras que los puertos ubicados en la zona oeste del país que más carga reciben se muestra en la siguiente tabla 7-3.

Tabla 7-3. Toneladas recibidas por puerto y continente de origen. 2011

Puerto	Toneladas
Lázaro Cárdenas	13,270,839
América	5,733,154
Asia	3,403,720
Oceanía	2,887,881
África	1,072,741
Europa	173,343
Manzanillo	11,694,198
Asia	7,195,940

Tabla 7-3. Toneladas recibidas por puerto y continente de origen. 2011 (Continuación)

América	4,101,045
Europa	273,834
Información no disponible	117,214
Oceanía	6,140
África	25
Rosarito	1,881,817
América	1,737,995
Asia	143,822
Guaymas	1,084,732
Información no disponible	606,616
América	388,365
Europa	39,594
Asia	27,647
África	16,500
Oceanía	6,010
Topolobampo	1,071,812
América	776,268
Asia	172,019
Europa	123,525
Ensenada	541,558
Asia	402,269
América	77,166
Oceanía	33,324
Europa	27,091
Información no disponible	988
África	720
Puerto Libertad	277,496
África	103,509
Oceanía	97,667
Europa	52,470
Asia	23,850
Mazatlán	237,292
Asia	138,063
América	61,815
Europa	35,097
Oceanía	2,317
San Carlos	134,183
América	134,183
La Paz	114,499
América	114,499
Cuyutlán	93,956
América	62,956
Europa	16,000
África	15,000
Salina Cruz	22,287
Europa	12,759
Asia	6,592
América	2,936
Puerto Chiapas	6,997
América	5,519
Asia	1,015
Europa	463
Pichilingue	1,872
Asia	1,872
Acapulco	8
América	8
Total general	30,433,546

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

Con lo anterior, es posible determinar que dentro de las importaciones, el puerto de Lázaro Cárdenas ubicado en el estado de Michoacán, recibe 13,270,839 toneladas, de las cuales un mayor número provienen del continente americano; mientras que la carga que llega al puerto de Manzanillo, en Colima, en su mayoría proviene de Asia.

En el caso de las exportaciones de México, por medio del Océano Pacífico, el continente Asiático es el que mueve la mayor carga, seguido del continente Americano (Tabla 7-4).

Tabla 7-4. Exportaciones, por continente, que se mueven en el Océano Pacífico. 2011.

Continente	Suma de Tonelaje por continente
Asia	17,256,585
América	15,233,917
Oceanía	618,416
África	586,056
Europa	401,845
Total general	34,096,819

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

Según la SCT, los principales países destino de Asia en el año 2011, fueron: China y Japón.

Tabla 7-5. Exportaciones, que se mueven en el Océano Pacífico, de los principales destinos del continente asiático. 2011.

Países	Toneladas
Asia	17,256,585
China	7,960,661
Japón	6,021,533
Corea Del Sur	1,799,302
Taiwán	1,133,240
India	131,733
Tailandia	66,636
Indonesia	57,208
Singapur	31,964
Vietnam Del Sur	17,657
Filipinas	10,719
Demás Países	25,932

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

A continuación se presenta la tabla 7-6, en donde se muestran los puertos origen de México que se ubican en el Océano Pacífico, incluyendo continentes destino, por orden de importancia.

Tabla 7-6. Toneladas exportadas por puerto y continente de destino. 2011.

Puerto Origen	Toneladas
Manzanillo	10,071,182
Asia	5,496,123
América	4,554,149
Europa	20,910
Lázaro Cárdenas	9,025,747
Asia	4,169,042
América	4,100,098
Oceanía	610,363
Europa	78,533
África	67,711
Islas de Cedros	7,485,584
Asia	5,327,130
América	2,158,454
Salina Cruz	1,983,535
América	1,966,659
Asia	14,660
Europa	1,454
Oceanía	385
África	377
Isla San Marcos	1,415,467
América	1,033,144
Asia	382,323
Ensenada	1,260,995
Asia	685,862
África	230,605
Europa	215,688
América	127,757
Oceanía	1,083
Guaymas	1,209,738
América	556,999
Asia	330,251
África	284,427
Europa	38,061
Topolobampo	741,386
Asia	722,487
América	18,899
Punta Santa María	509,985
América	509,985
Mazatlán	237,265
Asia	98,948
América	88,438
Europa	46,802
África	2,936
Oceanía	141
Acapulco	145,072
América	117,411
Asia	21,288
Oceanía	6,373
Puerto Chiapas	9,356
Asia	6,964
América	1,924
Europa	397
Oceanía	71
Rosarito	1,507
Asia	1,507
Total general	34,096,819

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

Es posible observar, dentro de la tabla anterior, que el puerto de Manzanillo, Colima, fue el principal puerto exportador en el año 2011, y sus principales continentes destino fueron Asia y América. El segundo puerto con importancia relevante, es el puerto Lázaro Cárdenas en Michoacán que, de igual manera, sus principales continentes destino fueron Asia y América.

Anexo 2. Importaciones y exportaciones de México vía marítima dentro del Océano Atlántico.

Dentro del mismo anuario estadístico de los puertos de México 2011, de la SCT, la carga internacional que se mueve por medio del Atlántico, principalmente proviene del continente Americano, esto se observa en la tabla 7-7.

Tabla 7-7. Importaciones por continente, que se mueven en el Océano Atlántico. 2011.

Continente	Toneladas
América	37,923,256
Europa	7,349,371
Asia	3,097,052
África	2,288,163
Información no disponible	293,808
Oceanía	112,168
Total general	51,063,818

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

Los principales países del continente americano a los cuales importamos mayor número de toneladas y que viajan únicamente por el Atlántico son: Estados Unidos de América, Brasil y Canadá.

Tabla 7-8. Importaciones, que viajan por el Océano Atlántico, de los principales países de América. 2011.

Países	Toneladas
América	37,923,256
Estados Unidos De América	31,635,273
Brasil	1,447,968
Canadá	1,255,041
Perú	806,451
Demás países	2,778,523

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

Mientras que los puertos ubicados en el Golfo de México que más carga reciben se muestra en la siguiente tabla 7-9.

Tabla 7-9. Toneladas recibidas por puerto y continente de origen. 2011

Puerto	Toneladas
Veracruz	13,609,899
América	9,583,681
Europa	3,270,394
África	436,868
Asia	296,817
Sin información	22,139
Coatzacoalcos	13,373,926
América	11,965,699
África	737,999
Europa	589,181
Asia	81,047
Altamira	11,680,731
América	6,707,689
Asia	143,822
Europa	1,579,060
África	1,100,793
Sin información	195,437
Oceanía	111,557
Tuxpan	9,284,551
América	6,750,344
Europa	1,849,478
Asia	684,729
Progreso	1,785,941
América	1,645,052
Sin información	71,565
Asia	40,629
Europa	15,581
África	12,503
Oceanía	611
Tampico	1,328,770
América	1,270,791
Europa	45,677
Asia	7,635
Sin información	4,667
Total general	51,063,818

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

Con lo anterior, es posible determinar que dentro de las importaciones, el puerto de Veracruz recibe 13,609,899 toneladas, de las cuales un mayor número provienen del continente americano, al igual que la carga que llega al puerto de Coatzacoalcos, ubicado en el estado de Veracruz con 11,965,699 provenientes del continente americano.

En el caso de las exportaciones de México, por medio del Atlántico, el continente Americano es el que mueve la mayor carga, seguido del continente Europeo (Tabla 7-10).

Tabla 7-10. Exportaciones, por continente, que se mueven en el Océano Pacífico. 2011.

Continente	Suma de Tonelaje por continente
<i>América</i>	25,730,775
<i>Europa</i>	2,779,688
<i>Asia</i>	453,340
<i>Sin información</i>	416,385
<i>África</i>	126,598
<i>Oceanía</i>	43,604
Total general	29,550,390

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

Según la SCT, los principales países destino de América en el año 2011, fueron: Estados Unidos, Colombia, Brasil y República Dominicana.

Tabla 7-11. Exportaciones, que se mueven en el Océano Atlántico, de los principales destinos del continente americano. 2011.

Países	Toneladas
América	25,730,686
Estados Unidos De América	19,509,282
Colombia	1,599,001
Brasil	1,040,760
República Dominicana	717,682
Panamá	345,875
Jamaica	328,896
Argentina	294,215
Bahamas	286,821
Cuba	259,095
Venezuela	247,128
Demás Países	1,101,931

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

A continuación se presenta la tabla 7-12, en donde se muestran los puertos origen de México que se ubican en el Golfo de México, incluyendo continentes destino, por orden de importancia.

Es posible observar, dentro de esta tabla, que el puerto de Coatzacoalcos, en Veracruz, fue el principal puerto exportador en el año 2011, y su principal continente destino fue América. El segundo puerto con importancia relevante, es el puerto de Altamira en Tamaulipas que sus principales continentes destino fueron América y Europa.

Tabla 7-12. Toneladas exportadas por puerto y continente de destino. 2011.

Puerto Origen	Toneladas
Coatzacoalcos	18,332,022
América	17,995,856
Europa	332,243
Asia	3,923
Altamira	4,518,069
América	2,642,618
Europa	1,265,660
Sin información	318,257
Asia	239,950
África	49,063
Oceanía	2,521
Veracruz	4,228,904
América	2,740,151
Europa	1,094,380
Asia	207,381
África	77,535
Sin información	68,374
Oceanía	41,083
Tampico	2,126,895
América	2,013,873
Europa	83,268
Sin información	29,754
Progreso	248,245
América	248,156
Asia	47
Europa	42
Las Coloradas	61,067
América	61,067
Tuxpan	35,188
América	28,965
Europa	4,137
Asia	2,086
Total general	29,550,390

Fuente: Elaboración propia basado en SCT.

Anexo 3. Ordenamiento de información por O – D, Golfo de México.

Dentro de este anexo se muestra el movimiento nacional del Golfo de México para los sentidos: este-oeste y oeste-este, de las diferentes familias logísticas.

Tabla 7-13. Matriz Origen-Destino de cabotaje General suelta, en el Golfo de México con sentido: este a oeste.

Tipo	Nacional		
Sentido	EO		
Familia logística	General Suelta		
Toneladas (miles).	Puerto Destino		
Puerto Origen	Altamira	Tuxpan	Total general
Ciudad del Carmen	0.103	0.267	0.37
Dos Bocas	0.754		0.754
Total general	0.857	0.267	1.124

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 7-14. Matriz Origen-Destino de cabotaje granel mineral, en el Golfo de México con sentido: este a oeste.

Tipo	Nacional		
Sentido	EO		
Familia logística	Granel Mineral		
Toneladas (miles).	Puerto Destino		
Puerto Origen	Progreso	Total general	
Las Coloradas	43.738	43.738	43.738
Total general	43.738	43.738	43.738

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 7-15. Matriz Origen-Destino de cabotaje petróleo y derivados, en el Golfo de México con sentido: este a oeste.

Tipo	Nacional						
Sentido	EO						
Familia logística	Petróleo y derivados						
Toneladas (miles).	Puerto Destino						
Puerto Origen	Altamira	Lerma	Progreso	Tampico	Tuxpan	Veracruz	Total general
Coatzacoalcos	122.43	252.93	307.80	156.79	2089.90		2929.86
Lerma						14.39	14.39
Pajaritos			802.82			1294.52	2097.35
Progreso				8.29		30.98	39.27
Tuxpan				23.17			23.17
Total general	122.43	252.93	1110.62	188.25	2089.90	1339.90	5104.05

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 7-16. Matriz Origen-Destino de cabotaje general suelta, en el Golfo de México con sentido: oeste a este.

Tipo	Nacional				
Sentido	OE				
Familia logística	General suelta				
Toneladas (miles).	Puerto Destino				
Puerto Origen	Ciudad del Carmen	Dos Bocas	Progreso	Tuxpan	Total general
Altamira		2.899			2.899
Coatzacoalcos		13.4	7.057		20.457
Tampico				21.22	27.332
Total general	16.299	7.057	21.22	6.112	50.688

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 7-17. Matriz Origen-Destino de cabotaje granel mineral, en el Golfo de México con sentido: oeste a este.

Tipo	Nacional			
Sentido	OE			
Familia logística	Granel mineral			
Toneladas (miles).	Puerto Destino			
Puerto Origen	Coatzacoalcos	Playa del Carmen	Progreso	Total general
Tampico	914.948	305.271	3.562	1223.781
Total general	914.948	305.271	3.562	1223.781

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Tabla 7-18. Matriz Origen-Destino de cabotaje petróleo y derivados, en el Golfo de México con sentido: oeste a este.

Tipo Sentido Familia logística	Nacional OE Petróleo y derivados					
Toneladas (miles). Puerto Origen	Puerto Destino					Total general
	Dos Bocas	Lerma	Progreso	Tuxpan	Veracruz	
Ciudad Madero			999.601		212.204	1211.805
Coatzacoalcos	342.039					342.039
Lerma				10.994		10.994
Tampico	34.121	91.871	912.476	21.502		1059.97
Tuxpan					114.124	114.124
Total general	376.16	91.871	1912.077	32.496	326.328	2738.932

Fuente: Elaboración propia basado en SCT, 2011.

Anexo 4. Actualización de costos

7.1 COSTOS DE AUTOTRANSPORTE

En seguida se presentan los datos de entrada que contienen las características tanto de carretera, como del vehículo. Además, se presentarán los resultados de la simulación obtenida por medio de VOCMEX, esto significa que se exhibirán los costos unitarios en pesos, precios 2012. Esta información se obtuvo de (Instituto Mexicano del Transporte , 2012).

7.1.1 Camión articulado (T3-S2)

Datos de entrada.

Tabla 7-19. Características de la carretera

1 Tipo de superficie	Código: 1-Pav 0-No pav	1.00
2 Rugosidad promedio (IIR)	m/km	2 a 12
3 Pendiente media ascendente	%	0 a 5
4 Pendiente media descendente	%	0.00
5 Proporción de viaje ascendente	%	50.00
6 Curvatura horizontal promedio	grados/km	0 a 700
7 Sobrelevación promedio (peralte)	fracción	D*
8 Altitud del terreno	m	1 000.00
9 Número efectivo de carriles	Código: 1-Uno 0- Más de uno	0.00

*Valor de "default" del programa en función de la curvatura

Selección del vehículo, tipo de vehículo:	10.00
---	-------

10 camión articulado**

** (Los datos en negrillas fueron definidos por los autores para un international 9200i modelo 2012, motor cumminsix 450 hp (SAE neto) con un semirremolque de dos ejes con caja de 40 pies el resto proviene de los resultados de los estudios de Brasil para un vehículo del mismo tipo)

Tabla 7-20. Características del vehículo (T3-S2)

1 Peso del vehículo vacío	kg	17 436.00
2 Carga útil	kg	25 000.00
3 Potencia máxima en operación	HP métrico	342.18
4 Potencia máxima del freno	HP métrico	553.88
5 Velocidad deseada	km/h	100.00
6 Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.63
7 Área frontal proyectada	m ²	9.14
8 Velocidad calibrada del motor	RPM	1 700.00
9 Factor de eficiencia energética	adimensional	0.65
10 Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.15

Tabla 7-21. Características de los neumáticos (T3-S2)

1 Número de llantas por vehículo		18.00
2 Volumen de hule utilizable por llanta	dm ³	8.39
3 Costo de renovación/costo llanta nueva	fracción	0.33
4 Máximo número de renovaciones	adimensional	3.57
5 Término const del modelo de desgaste	m ³ /m	0.16
6 Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	12.78

Tabla 7-22. Datos sobre la utilización del vehículo (T3-S2)

1 Número de km. conducidos por año	km	180 000.00
2 Número de horas conducidas por año	horas	2 860.00
3 Índice de utilización horaria	fracción	0.85
4 Vida útil promedio de servicio	años	8.00
5 ¿Usar vida útil constante?	Código: 1-Sí 0-No	1.00
6 Edad del vehículo, en kilómetros	km	600 000.00
7 Número de pasajeros por vehículo		0.00

Tabla 7-23. Costos unitarios en pesos, precios 2012 (T3-S2)

1 Precio del vehículo nuevo	\$	1'085,955.00
2 Costo del combustible	\$/litro	10.45
3 Costo de los lubricantes	\$/litro	25.12
4 Costo por llanta nueva	\$/llanta	2,475.25
5 Tiempo de los operarios	\$/hora	52.73
6 Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7 Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	37.43
8 Retención de la carga	\$/hora	0.00
9 Tasa de interés anual	%	1.33
10 Costos indirectos por veh-km	\$	1.13

Tabla 7-24. Coeficientes adicionales (T3-S2)

1 kp	Refacciones		0.37
2 CPo	Refacciones	10E-6	13.94
3 CPq	Refacciones	10E-3	15.65
4 QIPo	Refacciones		0.00
5 CLo	Mantenimiento		652.51
6 CLp	Mantenimiento		0.52
7 CLq	Mantenimiento		0.00
8 COo	Lubricantes		5.15
9 FRATIOo	VCURVE		0.18
10 FRATIO1	VCURVE	10E-4	0.02
11 ARVMAX	VROUGH		130.90
1 BW	VDESIR		1.00
2 BETA	Velocidad		0.24
3 Eo	Velocidad		1.02
4 Ao	Combustible		-30 559.00
5 A1	Combustible		156.10
6 A2	Combustible		0.00
7 A3	Combustible		4 002.00
8 A4	Combustible		0.00
9 A5	Combustible		4.41
10 A6	Combustible		4 435.00
11 A7	Combustible		26.08
12NHO	Combustible		-85.00

Costos de operación

Tabla 7-25. Consumo por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	483.92
Uso de lubricantes	litros	5.45
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.33
Tiempo de operador	horas	11.48
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.48
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.05
Intereses (tasa 4.74%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Tabla 7-26. Costos unitarios en pesos, precios 2012

Precio de vehículo nuevo	\$	1 085 955.00
Costo de combustible	\$/litro	10.45
Costo de lubricantes	\$/litro	25.12
Costo de llanta nueva	\$/llanta	2 475.25
Tiempo de operador	\$/hora	52.73
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	37.43
Tasa de interés anual	%	1.33
Costos indirectos por veh-km	\$	1.13

Tabla 7-27. Costos de operación base (pesos, por veh-km) \$12.46

Consumo de combustible	\$	5 056.92
Uso de lubricantes	\$	136.95
Consumo de llantas	\$	820.33
Tiempo de operador	\$	605.18
Mano de obra de mantenimiento	\$	1 140.79
Refacciones	\$	2 965.05
Depreciación	\$	576.14
Interés	\$	30.65
Costos indirectos	\$	1 130.00

7.1.2 Camión articulado (T3-S2-R4)

Datos de entrada.

Tabla 7-28. Características de la carretera

1 Tipo de superficie	Código: 1-Pav 0-No pav	1.00
2 Rugosidad promedio (IIR)	m/km	2 a 12
3 Pendiente media ascendente	%	0 a 5
4 Pendiente media descendente	%	0.00
5 Proporción de viaje ascendente	%	50.00
6 Curvatura horizontal promedio	grados/km	0 a 700
7 Sobrelevación promedio (peralte)	fracción	D*
8 Altitud del terreno	m	1 000.00
9 Número efectivo de carriles	Código: 1-Uno 0- Más de uno	0.00

*Valor de "default" del programa en función de la curvatura

Selección del vehículo, tipo de vehículo:	10.00
---	-------

10 camión articulado**

** (Los datos en negrilla fueron definidos por los autores para un international 9200i modelo 2012, motor cumminsix de 450 hp (SAE neto), con un semirremolque de dos ejes y un remolque de cuatro ejes con cajas de 40 pies el resto proviene de los resultados de los estudios de Brasil para un vehículo del mismo tipo)

Tabla 7-29. Características del vehículo (T3-S2-R4)

1 Peso del vehículo vacío	kg	29 436.00
2 Carga útil	kg	48 000.00
3 Potencia máxima en operación	HP métrico	342.18
4 Potencia máxima del freno	HP métrico	996.13
5 Velocidad deseada	km/h	100.00
6 Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.63
7 Área frontal proyectada	m ²	9.14
8 Velocidad calibrada del motor	RPM	1 700.00
9 Factor de eficiencia energética	adimensional	0.65
10 Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.15

Tabla 7-30. Características de los neumáticos (T3-S2-R4)

1 Número de llantas por vehículo		34.00
2 Volumen de hule utilizable por llanta	dm ³	8.39
3 Costo de renovación/costo llanta nueva	fracción	0.33
4 Máximo número de renovaciones	adimensional	3.57
5 Término const del modelo de desgaste	m ³ /m	0.16
6 Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	12.78

Tabla 7-31. Datos sobre la utilización del vehículo (T3-S2-R4)

1 Número de km conducidos por año	km	180 000.00
2 Número de horas conducidas por año	horas	2 860.00
3 Índice de utilización horaria	fracción	0.85
4 Vida útil promedio de servicio	años	8.00
5 ¿Usar vida útil constante?	Código: 1-Sí 0-No	1.00
6 Edad del vehículo en kilómetros	km	600 000.00
7 Número de pasajeros por vehículo		0.00

Tabla 7-32. Costos unitarios en pesos, precios 2012 (T3-S2-R4)

1 Precio del vehículo nuevo	\$	¶319,072.00
2 Costo del combustible	\$/litro	10.45
3 Costo de los lubricantes	\$/litro	25.12
4 Costo por llanta nueva	\$/llanta	2,475.25
5 Tiempo de los operarios	\$/hora	52.73
6 Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7 Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	37.43
8 Retención de la carga	\$/hora	0.00
9 Tasa de interés anual	%	1.33
10 Costos indirectos por veh-km	\$	1.58

Tabla 7-33. Coeficientes adicionales (T3-S2-R4)

1 kp	Refacciones		0.37
2 CPo	Refacciones	10E-6	13.94
3 CPq	Refacciones	10E-3	15.65
4 QIPo	Refacciones		0.00
5 CLo	Mantenimiento		652.51
6 CLp	Mantenimiento		0.52
7 CLq	Mantenimiento		0.00
8 COo	Lubricantes		5.15
9 FRATIOo	VCURVE		0.18
10 FRATIO1	VCURVE	10E-4	0.02
11 ARVMAX	VROUGH		130.90
1 BW	VDESIR		1.00
2 BETA	Velocidad		0.24
3 Eo	Velocidad		1.02
4 Ao	Combustible		-30 559.00
5 A1	Combustible		156.10
6 A2	Combustible		0.00
7 A3	Combustible		4 002.00
8 A4	Combustible		0.00
9 A5	Combustible		4.41
10 A6	Combustible		4 435.00
11 A7	Combustible		26.08
12NHO	Combustible		-85.00

Costos de operación

Tabla 7-34. Consumo por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	760.89
Uso de lubricantes	litros	5.45
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.56
Tiempo de operador	horas	14.21
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.48
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 4.74%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Tabla 7-35. Costos unitarios en pesos, precios 2012

Precio de vehículo nuevo	\$	1 319 072.00
Costo de combustible	\$/litro	10.45
Costo de lubricantes	\$/litro	25.12
Costo de llanta nueva	\$/llanta	2 475.25
Tiempo de operador	\$/hora	52.73
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	37.43
Tasa de interés anual	%	1.33
Costos indirectos por veh-km	\$	1.58

Tabla 7-36. Costos de operación base (pesos, por veh-km) \$17.42

Consumo de combustible	\$	7 951.30
Uso de lubricantes	\$	136.95
Consumo de llantas	\$	1 385.07
Tiempo de operador	\$	749.03
Mano de obra de mantenimiento	\$	1 140.79
Refacciones	\$	3 601.54
Depreciación	\$	833.51
Interés	\$	44.34
Costos indirectos	\$	1 580.00

7.1.3 Camión de tres ejes (C3)

Datos de entrada

Tabla 7-37. Características de la carretera

1 Tipo de superficie	Código: 1-Pav 0-No pav	1.00
2 Rugosidad promedio (IIR)	m/km	2 a 12
3 Pendiente media ascendente	%	0 a 5
4 Pendiente media descendente	%	0.00
5 Proporción de viaje ascendente	%	50.00
6 Curvatura horizontal promedio	grados/km	0 a 700
7 Sobrelevación promedio (peralte)	fracción	D*
8 Altitud del terreno	m	1 000.00
9 Número efectivo de carriles	Código: 1-Uno 0- Más de uno	0.00

*Valor de "default" del programa en función de la curvatura

Selección del vehículo, tipo de vehículo:	9.00
---	------

9 Camión pesado (de tres ejes)**

** (Los datos en negrillas fueron definidos por los autores para un internacional 4400 modelo 2012, motor navistardt 466 de 250 hp (SAE neto), con carrocería de redilas de 23 pies el resto proviene de los resultados de los estudios de Brasil para un vehículo del mismo tipo)

Tabla 7-38. Características del vehículo (C3)

1 Peso del vehículo vacío	kg	6 939.70
2 Carga útil	kg	17 554.30
3 Potencia máxima en operación	HP métrico	190.10
4 Potencia máxima del freno	HP métrico	327.17
5 Velocidad deseada	km/h	90.00
6 Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.85
7 Área frontal proyectada	m ²	6.05
8 Velocidad calibrada del motor	RPM	2 100.00
9 Factor de eficiencia energética	adimensional	0.80
10 Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.15

Tabla 7-39. Características de los neumáticos (C3)

1 Número de llantas por vehículo		10.00
2 Volumen de hule utilizable por llanta	dm ³	7.30
3 Costo de renovación/costo llanta nueva	fracción	0.33
4 Máximo número de renovaciones	adimensional	2.39
5 Término const del modelo de desgaste	m ³ /m	0.16
6 Coeficiente de desgaste	10E-3 dm ³ /kj	12.78

Tabla 7-40. Datos sobre la utilización del vehículo (C3)

1 Número de km conducidos por año	km	150 000.00
2 Número de horas conducidas por año	horas	2 860.00
3 Índice de utilización horaria	fracción	0.85
4 Vida útil promedio de servicio	años	8.00
5 ¿Usar vida útil constante?	Código: 1-Sí 0-No	1.00
6 Edad del vehículo, en kilómetros	km	500 000.00
7 Número de pasajeros por vehículo		0.00

Tabla 7-41. Costos unitarios en pesos, precios 2012 (C3)

1 Precio del vehículo nuevo	\$	572,833.00
2 Costo del combustible	\$/litro	10.45
3 Costo de los lubricantes	\$/litro	25.12
4 Costo por llanta nueva	\$/llanta	2,475.25
5 Tiempo de los operarios	\$/hora	46.23
6 Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00
7 Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	37.43
8 Retención de la carga	\$/hora	0.00
9 Tasa de interés anual	%	1.33
10 Costos indirectos por veh-km	\$	0.80

Tabla 7-42. Coeficientes adicionales (C3)

1 kp	Refacciones		0.37
2 CPo	Refacciones	10E-6	8.61
3 CPq	Refacciones	10E-3	35.31
4 QIPo	Refacciones		0.00
5 CLo	Mantenimiento		301.46
6 CLp	Mantenimiento		0.52
7 CLq	Mantenimiento		0.00
8 COo	Lubricantes		3.07
9 FRATIOo	VCURVE		0.29
10 FRATIO1	VCURVE	10E-4	0.09
11 ARVMAX	VROUGH		177.70
1 BW	VDESIR		1.00
2 BETA	Velocidad		0.31
3 Eo	Velocidad		1.01
4 Ao	Combustible		-22 955.00
5 A1	Combustible		95.00
6 A2	Combustible		0.00
7 A3	Combustible		3 758.00
8 A4	Combustible		0.00
9 A5	Combustible		19.12
10 A6	Combustible		2 394.00
11 A7	Combustible		13.76
12NHO	Combustible		-85.00

Costos de operación

Tabla 7-43. Consumo por cada 1,000 veh-km

Consumo de combustible	litros	446.79
Uso de lubricantes	litros	3.37
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.24
Tiempo de operador	horas	13.41
Mano de obra de mantenimiento	horas	12.43
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.21
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 4.74%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Tabla 7-44. Costos unitarios en pesos, precios 2012

Precio de vehículo nuevo	\$	572 833.00
Costo de combustible	\$/litro	10.45
Costo de lubricantes	\$/litro	25.12
Costo de llanta nueva	\$/llanta	2 475.25
Tiempo de operador	\$/hora	46.23
Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	37.43
Tasa de interés anual	%	1.33
Costos indirectos por veh-km	\$	0.80

Tabla 7-45. Costos de operación base (pesos, por veh-km) \$ 8.83

Consumo de combustible	\$	4 669.00
Uso de lubricantes	\$	84.70
Consumo de llantas	\$	584.14
Tiempo de operador	\$	619.92
Mano de obra de mantenimiento	\$	465.43
Refacciones	\$	1 230.87
Depreciación	\$	356.97
Interés	\$	18.99
Costos indirectos	\$	800.00

7.2 COSTOS FERROVIARIOS

Dentro de la tabla 7-46, se muestran los costos de consumo de combustible por tipo de tren del informe final de Steer Davies Gleave, considerando el precio de diésel en 500 \$/l, cabe hacer notar que se habla de pesos chilenos (CLP).

Tabla 7-46. Costos unitarios de consumo de combustible por tipo de tren (CPL\$)

Tipo de tren	Capacidad de arrastre	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Rendimiento (l/km)	Costo km (\$/km)	Costo ton-km (\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	600 ton	Carro plano	420	5	2,500	6
		Carro tolva granelero	360	5	2,500	6.9
		Carro estanque	400	5	2,500	6.3
Locomotora 2,300 HP	1,200 ton	Carro plano	840	7	3,500	4.2
		Carro plano con contenedor refrigerado	780	7	3,500	4.5
		Carro tolva granelero	800	7	3,500	4.4
		Carro estanque	840	7	3,500	4.2

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2011). Precio de diésel: 500 CLP\$/l

Es de gran importancia conocer el equivalente de la tabla 7-46 en otro tipo de divisa, como lo es el dólar estadounidense. Para ello es indispensable tener en cuenta el tipo de cambio del año 2011, lo cual se observa en la tabla 7-47, aunque dentro del informe final de *Análisis de costos y competitividad de modos de transporte terrestre de carga interurbana*, el tipo de cambio utilizado es de 500 CLP\$ equivalen a 1 USD\$.

Tabla 7-47. Tipo de cambio de venta CLP\$ - USD\$

Periodo	Tipo de cambio de venta CLP-USD
2011	484.988
2012	487.856
2013	495.820
2014	552.403

Fuente: Secretaría de Economía

Además, debido a que esta tesis se encuentra definida en pesos mexicanos, es importante saber el tipo de cambio de dólares estadounidenses a pesos mexicanos (tabla 7-48).

Por otra parte, considerando el precio del diésel para la empresa Ferromex para diciembre 2011, el cual fue de 8.4370 pesos mexicanos (MXN), en la tabla 7-49 se muestran los costos unitarios en pesos mexicanos.

Tabla 7-48. Tipo de cambio de venta MXN\$ - USD\$ y tasa de inflación

Periodo	Tipo de cambio de venta USD-MXN	Tasa Inflación %
2002	9.70	5.7
2003	10.85	3.9
2004	11.45	5.2
2005	10.75	3.5
2006	10.95	4.2
2007	11.00	3.6
2008	11.89	6.6
2009	13.60	3.7
2010	12.65	4.4
2011	12.50	3.8
2012	13.15	3.7
2013	12.80	4.0

Fuente: Secretaría de Economía

Tabla 7-49. Costos unitarios de consumo de combustible por tipo de tren (MXN\$ finales 2011)

Tipo de tren	Capacidad de arrastre	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Rendimiento (l/km)	Costo km (\$/km)	Costo ton-km (\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	600 ton	Carro plano	420	5	42.19	0.10
		Carro tolva granelero	360	5	42.19	0.12
		Carro estanque	400	5	42.19	0.11
Locomotora 2,300 HP	1,200 ton	Carro plano	840	7	59.06	0.07
		Carro plano con contenedor refrigerado	780	7	59.06	0.08
		Carro tolva granelero	800	7	59.06	0.07
		Carro estanque	840	7	59.06	0.07

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Precio de diésel: 8.4370 MXN\$/l

A partir de la tabla 7-50 hasta la 7-76, se mostrarán los datos originales, en pesos chilenos, así como los datos expresados en dólares americanos y pesos mexicanos.

Tabla 7-50. Costos anuales de mantenimiento de locomotoras (USD\$)

Tipo de tren	Precio de compra (\$)	Costo (\$/año)	
		6%	8%
Locomotora 1,400 HP reacondicionada	1,200,000	72,000	96,000
Locomotora 2,300 HP reacondicionada	1,500,000	90,000	120,000

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 500.00 CLP\$ / USD\$

Tabla 7-51. Costos anuales de mantenimiento de locomotoras (MXN\$)

Tipo de tren	Precio de compra (\$)	Costo (\$/año)	
		6%	8%
Locomotora 1,400 HP reacondicionada	15,000,000	900,000	1,200,000
Locomotora 2,300 HP reacondicionada	18,750,000	1,125,000	1,500,000

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Tabla 7-52. Costos unitarios de mantenimiento de locomotoras (CLP\$)

Tipo de tren	Capacidad de arrastre	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo mantención (\$/ton-km) operadores		Costo mantención (\$/ton-km)
				6%	8%	
Locomotoras 1,400 HP	600 ton	Carro plano	420	0.9	1.1	1.7
		Carro tolva granelero	360	1	1.3	1.9
		Carro estanque	400	0.9	1.2	1.8
Locomotoras 2,300 HP	1,200 ton	Carro plano	840	0.5	0.7	1.1
		Carro plano con contenedor refrigerado	780	0.6	0.8	1.2
		Carro tolva granelero	800	0.6	0.8	1.2
		Carro estanque	840	0.5	0.7	1.1

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2011).

Tabla 7-53. Costos unitarios de mantenimiento de locomotoras (USD\$)

Tipo de tren	Capacidad de arrastre	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo mantención (\$/ton-km) operadores		Costo mantención (\$/ton-km)
				6%	8%	
Locomotoras 1,400 HP	600 ton	Carro plano	420	0.0018	0.0022	0.0034
		Carro tolva granelero	360	0.002	0.0026	0.0038
		Carro estanque	400	0.0018	0.0024	0.0036
Locomotoras 2,300 HP	1,200 ton	Carro plano	840	0.001	0.0014	0.0022
		Carro plano con contenedor refrigerado	780	0.0012	0.0016	0.0024
		Carro tolva granelero	800	0.0012	0.0016	0.0024
		Carro estanque	840	0.001	0.0014	0.0022

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).

Tipo de cambio: 500.00 CLP\$ / USD\$

Tabla 7-54. Costos unitarios de mantenimiento de locomotoras (MXN\$)

Tipo de tren	Capacidad de arrastre	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo mantención (\$/ton-km) operadores		Costo mantención (\$/ton-km)
				6%	8%	
Locomotoras 1,400 HP	600 ton	Carro plano	420	0.0225	0.0275	0.0425
		Carro tolva granelero	360	0.0225	0.0325	0.0475
		Carro estanque	400	0.0225	0.0300	0.0450
Locomotoras 2,300 HP	1,200 ton	Carro plano	840	0.0125	0.0175	0.0275
		Carro plano con contenedor refrigerado	780	0.0150	0.0200	0.0300
		Carro tolva granelero	800	0.0150	0.0200	0.0300
		Carro estanque	840	0.0125	0.0175	0.0275

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50MXN\$ / USD\$

Tabla 7-55. Costos unitarios de mantenimiento de carros (USD\$)

Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo mantención (\$/km)	Costo mantención (\$/ton-km)
Carro plano	30	0.050	0.00166
Carro tolva granelero	30	0.050	0.00166
Carro estanque	40	0.056	0.00138
Carro plano	30	0.050	0.00166
Carro plano con contenedor refrigerado	30	0.050	0.00166
Carro tolva granelero	50	0.060	0.00120
Carro estanque	70	0.070	0.00100

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2011).

Tabla 7-56. Costos unitarios de mantenimiento de carros (MXN\$)

Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo mantención (\$/km)	Costo mantención (\$/ton-km)
Carro plano	30	0.63	0.021
Carro tolva granelero	30	0.63	0.021
Carro estanque	40	0.70	0.017
Carro plano	30	0.63	0.021
Carro plano con contenedor refrigerado	30	0.63	0.021
Carro tolva granelero	50	0.75	0.015
Carro estanque	70	0.88	0.013

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MNX\$ / USD\$

Tabla 7-57. Costos unitarios de lubricantes (CLP\$)

Tipo de tren	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo lubricantes	
			(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotoras 1,400 HP	Carro plano	420	27	0.06
	Carro tolva granelero	360	27	0.07
	Carro estanque	400	27	0.07
Locomotoras 2,300 HP	Carro plano	840	27	0.03
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	27	0.03
	Carro tolva granelero	800	27	0.03
	Carro estanque	840	27	0.03

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2011).

Tabla 7-58. Costos unitarios de lubricantes (USD\$)

Tipo de tren	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo lubricantes	
			(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotoras 1,400 HP	Carro plano	420	0.05333	0.00013
	Carro tolva granelero	360	0.05333	0.00015
	Carro estanque	400	0.05333	0.00013
Locomotoras 2,300 HP	Carro plano	840	0.05333	0.00006
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	0.05333	0.00007
	Carro tolva granelero	800	0.05333	0.00007
	Carro estanque	840	0.05333	0.00006

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).

Tipo de cambio: 500.00 CLP\$ / USD\$

Tabla 7-59. Costos unitarios de lubricantes (MXN\$)

Tipo de tren	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo lubricantes	
			(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotoras 1,400 HP	Carro plano	420	0.67	0.002
	Carro tolva granelero	360	0.67	0.002
	Carro estanque	400	0.67	0.002
Locomotoras 2,300 HP	Carro plano	840	0.67	0.001
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	0.67	0.001
	Carro tolva granelero	800	0.67	0.001
	Carro estanque	840	0.67	0.001

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).

Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Tabla 7-60. Costos unitarios honorarios tripulación (CLP\$)

Tipo de tren	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo tripulación	
			(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	420	281	0.7
	Carro tolva granelero	360	281	0.8
	Carro estanque	400	281	0.7
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	840	281	0.3
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	281	0.4
	Carro tolva granelero	800	281	0.4
	Carro estanque	840	281	0.3

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2011).

Tabla 7-61. Costos unitarios honorarios tripulación (USD\$)

Tipo de tren	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo tripulación	
			(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	420	0.56	0.0013
	Carro tolva granelero	360	0.56	0.0016
	Carro estanque	400	0.56	0.0014
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	840	0.56	0.0007
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	0.56	0.0007
	Carro tolva granelero	800	0.56	0.0007
	Carro estanque	840	0.56	0.0007

Fuente:Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).

Tipo de cambio: 500.00 CLP\$ / USD\$

Tabla 7-62. Costos unitarios honorarios tripulación (MXN\$)

Tipo de tren	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo tripulación	
			(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	420	7.03	0.0167
	Carro tolva granelero	360	7.03	0.0195
	Carro estanque	400	7.03	0.0176
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	840	7.03	0.0084
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	7.03	0.0090
	Carro tolva granelero	800	7.03	0.0088
	Carro estanque	840	7.03	0.0084

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).

Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Tabla 7-63. Costos unitarios honorarios personal de operación (CLP\$)

Tipo de tren	Tipo de carro	Costo personal maniobra		Costo tripulación	
		(\$/km)	(\$/ton-km)	(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	99	0.24	25	0.06
	Carro tolva granelero	99	0.27	25	0.07
	Carro estanque	99	0.25	25	0.06
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	99	0.12	25	0.03
	Carro plano con contenedor refrigerado	99	0.13	25	0.03
	Carro tolva granelero	99	0.12	25	0.03
	Carro estanque	99	0.12	25	0.03

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2011).

Tabla 7-64. Costos unitarios honorarios personal de operación (USD\$)

Tipo de tren	Tipo de carro	Costo personal maniobra		Costo tripulación	
		(\$/km)	(\$/ton-km)	(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	0.198	0.00048	0.05	0.00012
	Carro tolva granelero	0.198	0.00054	0.05	0.00014
	Carro estanque	0.198	0.0005	0.05	0.00012
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	0.198	0.00024	0.05	0.00006
	Carro plano con contenedor refrigerado	0.198	0.00026	0.05	0.00006
	Carro tolva granelero	0.198	0.00024	0.05	0.00006
	Carro estanque	0.198	0.00024	0.05	0.00006

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).

Tipo de cambio: 500.00 CLP\$ / USD\$

Tabla 7-65. Costos unitarios honorarios personal de operación (MXN\$)

Tipo de tren	Tipo de carro	Costo personal maniobra		Costo tripulación	
		(\$/km)	(\$/ton-km)	(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	2.57	0.006	0.63	0.002
	Carro tolva granelero	2.57	0.007	0.63	0.002
	Carro estanque	2.57	0.006	0.63	0.002
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	2.57	0.003	0.63	0.001
	Carro plano con contenedor refrigerado	2.57	0.003	0.63	0.001
	Carro tolva granelero	2.57	0.003	0.63	0.001
	Carro estanque	2.57	0.003	0.63	0.001

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).

Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Tabla 7-66. Costos unitarios depreciación carros (CLP\$)

Tipo de carro	Precio de compra (\$)	Costo depreciación	
		(\$/km)	(\$/ton-km)
Carro plano	24,000,000	7.20	0.24
Carro tolva granelero	36,000,000	10.80	0.36
Carro estanque	50,000,000	15.00	0.38
Carro plano con contenedor refrigerado	30,000,000	9.00	0.30
Carro tolva granelero	40,000,000	12.00	0.24
Carro estanque	70,000,000	21.00	0.30

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2011).

Tabla 7-67. Costos unitarios depreciación carros (USD\$)

Tipo de carro	Precio de compra (\$)	Costo depreciación	
		(\$/km)	(\$/ton-km)
Carro plano	48,000	0.01440	0.00048
Carro tolva granelero	72,000	0.02160	0.00072
Carro estanque	100,000	0.03000	0.00076
Carro plano con contenedor refrigerado	60,000	0.01800	0.00060
Carro tolva granelero	80,000	0.02400	0.00048
Carro estanque	140,000	0.04200	0.00060

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).

Tipo de cambio: 500.00 CLP\$ / USD\$

Tabla 7-68. Costos unitarios honorarios personal de operación (MXN\$)

Tipo de carro	Precio de compra (\$)	Costo depreciación	
		(\$/km)	(\$/ton-km)
Carro plano	600,000	0.18	0.0060
Carro tolva granelero	900,000	0.27	0.0090
Carro estanque	1,250,000	0.38	0.0095
Carro plano con contenedor refrigerado	750,000	0.23	0.0075
Carro tolva granelero	1,000,000	0.30	0.0060
Carro estanque	1,750,000	0.53	0.0075

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).

Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Tabla 7-69. Costos unitarios depreciación locomotoras (USD\$)

Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Precio de compra locomotora (\$)	Vida útil locomotora (años)	Valor residual (\$)	Costo depreciación	
					(\$/km)	(\$/ton-km)
Carro plano	420	1,200,000	20	1,200	0.54	0.00128
Carro tolva granelero	360	1,200,000	20	1,200	0.54	0.0015
Carro estanque	400	1,200,000	20	1,200	0.54	0.00136
Carro plano	840	1,500,000	20	1,500	0.676	0.0008
Carro plano con contenedor refrigerado	780	1,500,000	20	1,500	0.676	0.00086
Carro tolva granelero	800	1,500,000	20	1,500	0.676	0.00084
Carro estanque	840	1,500,000	20	1,500	0.676	0.0008

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).

Tipo de cambio: 500.00 CLP\$ / USD\$

Tabla 7-70. Costos unitarios depreciación locomotoras (MXN\$)

Locomotoras	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Precio de compra locomotora (\$)	Vida útil locomotora (años)	Valor residual (\$)	Costo depreciación (\$/km)	Costo depreciación (\$/ton-km)
Locomotoras 1,400 HP	Carro plano	420	15,565,560	20	15,000	6.75	0.016
	Carro tolva granelero	360	15,565,560	20	15,000	6.75	0.019
	Carro estanque	400	15,565,560	20	15,000	6.75	0.017
Locomotoras 2,300 HP	Carro plano	840	19,456,950	20	18,750	8.45	0.010
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	19,456,950	20	18,750	8.45	0.011
	Carro tolva granelero	800	19,456,950	20	18,750	8.45	0.011
	Carro estanque	840	19,456,950	20	18,750	8.45	0.010

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Tabla 7-71. Costos gestión y administración (CLP\$)

Locomotoras	Tipo de carro	Costo gestión y administración (\$/ton-km)
Locomotoras 1,400 HP	Carro plano	0.47
	Carro tolva granelero	0.55
	Carro estanque	0.49
Locomotoras 2,300 HP	Carro plano	0.33
	Carro plano con contenedor refrigerado	0.35
	Carro tolva granelero	0.33
	Carro estanque	0.31

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2011).

Tabla 7-72. Costos gestión y administración (USD\$)

Locomotoras	Tipo de carro	Costo gestión y administración (\$/ton-km)
Locomotoras 1,400 HP	Carro plano	0.00094
	Carro tolva granelero	0.00110
	Carro estanque	0.00098
Locomotoras 2,300 HP	Carro plano	0.00066
	Carro plano con contenedor refrigerado	0.00070
	Carro tolva granelero	0.00066
	Carro estanque	0.00062

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 500.00 CLP\$ / USD\$

Tabla 7-73. Costos gestión y administración (MXN\$)

Locomotora	Tipo de carro	Costo gestión y administración (\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	0.0118
	Carro tolva granelero	0.0138
	Carro estanque	0.0123
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	0.0083
	Carro plano con contenedor refrigerado	0.0088
	Carro tolva granelero	0.0083
	Carro estanque	0.0078

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

Tabla 7-74. Otros gastos de operación (CLP\$)

Locomotora	Tipo de carro	Costo gestión y administración (\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	0.33
	Carro tolva granelero	0.39
	Carro estanque	0.34
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	0.25
	Carro plano con contenedor refrigerado	0.27
	Carro tolva granelero	0.25
	Carro estanque	0.23

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2011).

Tabla 7-75. Otros gastos de operación (USD\$)

Locomotora	Tipo de carro	Costo gestión y administración (\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	0.00066
	Carro tolva granelero	0.00078
	Carro estanque	0.00068
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	0.00050
	Carro plano con contenedor refrigerado	0.00054
	Carro tolva granelero	0.00050
	Carro estanque	0.00046

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 500.00 CLP\$ / USD\$

Tabla 7-76. Otros gastos de operación (MXN\$)

Locomotora	Tipo de carro	Costo gestión y administración (\$/ton-km)
Locomotora 1,400 HP	Carro plano	0.0083
	Carro tolva granelero	0.0098
	Carro estanque	0.0085
Locomotora 2,300 HP	Carro plano	0.0063
	Carro plano con contenedor refrigerado	0.0068
	Carro tolva granelero	0.0063
	Carro estanque	0.0058

Fuente: Elaboración propia con base en (Steer Davies Gleave, 2011).
Tipo de cambio: 12.50 MXN\$ / USD\$

La información presentada en el apartado 4.3.1 Costos de autotransporte, se encuentra actualizada hasta febrero 2013, pero para poder realizar una comparación contra transporte por ferrocarril es importante definir una fecha de actualización, por esta razón se actualizarán algunos de los valores a diciembre del año 2013.

Tabla 7-77. Tarifas del tractocamión T3-S2 en México (Valores actualizados a febrero 2013)

Tarifas promedio	Inferior a 200 km	Superior a 500 km
Por tonelada kilómetro	Pesos	Pesos
Tractocamión T3-S2		
Carga completa (FTL)	1.17	1.06
Carga fraccionada (LTL)	1.52	1.38

Fuente: (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2013).

El primer paso es separar combustible y lubricantes de los demás costos ya que van aumentando su valor a través del tiempo en diferente manera, para ello se tiene conocimiento que el 28% de cara rubro de los costos de la tabla 7-77 se refieren al costo de combustible y lubricantes, el cual se ha incrementado mensualmente 0.8% y para el 72% de los costos restantes se utiliza el Índice Nacional de Precios Productor (INPP), en donde la tasa promedio mensual de inflación de febrero 2013 a diciembre 2013 fue de 0.30%, por tanto se realiza la siguiente operación:

$$[0.28 * (1.008)^{10}] + [0.72 * (1.003)^{10}] = 1.045117$$

Lo cual significa que de febrero 2013 a diciembre 2013 el costo por tonelada-kilómetro subió \$ 0.045117.

Tabla 7-78. Tarifas del tractocamión T3-S2 en México (Valores actualizados a febrero 2013)

Tarifas promedio	Inferior a 200 km	Superior a 500 km
Por tonelada kilómetro	Pesos	Pesos
Tractocamión T3-S2		
Carga completa (FTL)	1.2151	1.1051
Carga fraccionada (LTL)	1.5651	1.4251

Fuente: Elaboración propia con base en (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2013).

Siguiendo el mismo procedimiento, se actualiza la tabla 4-31 Resumen costo (MXN\$ / Ton-km) unitario operación ferrocarril, que contiene valores 2011 a valores de diciembre 2013.

Tabla 7-79. Composición costo unitario operación ferrocarril (%)

Componente de costo	Locomotora 1,400 HP			Locomotora 2,300 HP			
	Carro plano	Carro tolva granelero	Carro estanque	Carro plano	Carro plano con contenedor refrigerado	Carro tolva granelero	Carro estanque
Combustible y lubricantes	45.24	45.82	45.45	44.73	44.82	46.61	47.02
Otros costos	54.76	54.18	54.55	55.27	55.18	53.39	52.98
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Conociendo la composición de costos de operación de ferrocarril en porcentajes (tabla 7-79), y teniendo en cuenta que el factor de combustible en 2011 era de 20%, 2012 de 22% y 2013 de 25%, lo cual indica que en dos años aumentó su valor 0.9%; además, la inflación de diciembre 2011 a diciembre 2013 fue de 7.68%, con una tasa promedio mensual de inflación de 0.31%, se realiza la siguiente operación:

$$[0.4524 * (1.09)^2] + [0.5476 * 1.0768] = 1.1271$$

Lo anterior se traduce en que de diciembre 2011 a diciembre 2013, el costo por tonelada-kilómetro aumentó \$0.1271.

Tabla 7-80. Resumen costo (MXN\$ / Ton-km) unitario operación ferrocarril, (Valores diciembre 2013)

Componente de costo	Locomotora 1,400 HP			Locomotora 2,300 HP			
	Carro plano	Carro tolva granelero	Carro estanque	Carro plano	Carro plano con contenedor refrigerado	Carro tolva granelero	Carro estanque
Costo total	0.3526	0.3869	0.3628	0.2861	0.2979	0.2873	0.2783

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-81. Estados de resultados de la empresa Ferromex al 31 de diciembre 2011 y 2012. (Expresado en millones de pesos nominales)

C O N C E P T O	31 de diciembre de:	
	2012	2011
INGRESOS POR SERVICIOS	17,712.5	16,325.0
EGRESOS CAR- HIRE	859.5	1,121.4
COSTO DE OPERACIÓN	11,040.2	10,925.2
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN	11,899.7	12,046.6
UTILIDAD BRUTA	5,812.8	4,278.4
GASTOS GENERALES:		
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	668.6	636.0
DEPRECIACION	1,064.4	922.3
AMORTIZACION DE TITULOS DE CONCESION	34.1	34.1
PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES EN LAS UTILIDADES	294.6	181.8
TOTAL GASTOS GENERALES	2,061.7	1,774.2
UTILIDAD DE OPERACIÓN	3,751.1	2,504.2
OTROS INGRESOS - NETO	(124.2)	(111.3)
PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES EN LAS UTILIDADES		
PTU DIFERIDA	-	-
COSTO FINANCIERO:		
INTERESES PAGADOS	295.4	250.3
INTERESES GANADOS	(58.5)	(68.1)
UTILIDAD EN CAMBIOS - NETA	(14.4)	(42.2)
TOTAL	222.5	140.0
PARTICIPACIÓN EN UTILIDAD EN ASOCIADA E INVERSION PERMANENTE	(40.0)	(37.8)
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS A LA UTILIDAD	3,692.8	2,513.3
ISR	883.7	611.6
ISR DIFERIDO	(23.5)	0.3
IMPUESTO A LA UTILIDAD	860.2	611.9
UTILIDAD NETA	2,832.6	1,901.4
UAFIRDA	4,849.6	3,460.6

Fuente: (Ferrocarril Mexicano, S.A. de C.V., 2012)

Tabla 7-82. Tarifas de servicios diversos, Ferromex. Cobros y cuotas vigentes a partir de 15 de marzo de 2014.

CLAVE	CONCEPTO	CUOTAS O COBROS (PESOS)
CAPÍTULO PRIMERO.- ALMACENAJE DE MERCANCÍAS EN ESTACIONES DE FERROMEX		
	Cargos por día y por cada 100 KG o fracción mayor de 50 KG	
	FLETE ORDINARIO	
3000	Los primeros 5 días	0.94
3005	Los días subsecuentes	2.9
3010	Cobro mínimo por día por remesa	2.6
CAPÍTULO SEGUNDO.- ARRASTRES		
	Cuotas por carro	
3070	Arrastre ordinario	232.62
3075	Arrastre intraterminal	4,570.00
3080	Sanción por carro no utilizado	1,250.00
	Cuotas por grupos de carros	
3090	Hasta 5 carros, mínimo por viaje	507.85
3095	Del sexto en adelante, por carro	110.2
CAPÍTULO TERCERO.- DEMORAS		
	Cargos por cada 24 horas o fracción, después del plazo libre, por carro	
	PARA TODO EL EQUIPO	
3098	Por cada uno de los dos primeros períodos	1,100.00
3100	Por cada uno de los períodos del 3º al 5º día	1,100.00
3102	Por cada uno de los días subsecuentes	1,100.00
	La demora de los carros cargados con materiales considerados como peligrosos o explosivos, se cobrará al doble de las cuotas establecidas.	
	Plazo libre para tráficos de importación y exportación	
	Retraso en trámites de Importación por falta de documentación, por carro.	
3103	Por el primer día o fracción de día	9,085.00
3104	Por cada uno de los periodos del 2º al 5º día	1,350.00
3105	Por cada uno de los periodos del 6º día en adelante	2,715.00
	Retraso en trámites de Exportación por falta de documentación, por carro.	
3106	Por el primer día o fracción de día	9,085.00
3107	Por cada uno de los periodos del 2º al 5º día	1,350.00
3108	Por cada uno de los periodos del 6º día en adelante	2,715.00
CAPÍTULO CUARTO.- DERECHO DE PISO		
	Cargos por día o fracción y por unidad después del plazo libre	
	CARROS CARGADOS	
3180	Los primeros 15 días	550
3195	Los días subsecuentes	550
	CARROS VACÍOS	
3205	Los primeros 15 días	550
3220	Los días subsecuentes	550
	El derecho de piso para carros cargados con contenido o residuos considerados como peligrosos o explosivos, se cobrará al doble de las cuotas establecidas.	
	COCHES DE PASAJEROS	
3230	Los primeros 30 días	627.79
3235	Los días subsecuentes	792.46
	LOCOMOTORAS, GRÚAS Y PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA, POR UNIDAD Y POR DÍA	

3245	Los primeros 30 días	627.79
3250	Los días subsecuentes	792.46
CAPÍTULO QUINTO.- RENTA DE LOCOMOTORAS		
	Por locomotora de patio con tripulación, combustible, lubricantes y herramientas:	
3275	Cuota por hora o fracción	3,000.00
	Por locomotora de patio sin tripulación, combustible, ni lubricantes, únicamente con herramientas:	
3280	Cuota por cada 24 horas o fracción (mínimo 10 días)	15,000.00
	Por locomotora de patio con tripulación, combustible, lubricantes y herramientas:	
3285	Cuota por un turno de 8 horas (mínimo 6 días con un turno completo al día)	22,000.00
CAPÍTULO SEXTO.- RENTA DE GRÚA PARA MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA		
	Por grúa con tripulación, herramienta reglamentaria, combustible y lubricantes	
3290	Cuota por hora o fracción	1,341.43
CAPÍTULO SÉPTIMO.- CAMBIO DE DESTINO Y/O DOCUMENTACIÓN		
	Por cada cambio de destino o consignatario	
3300	Cobro por carro	2,000.00
	Por cada cambio o cancelación de documentación	
3304	Cobro por carro	611
CAPÍTULO OCTAVO.- CARGA Y DESCARGA		
	Remesa de carro por entero	
3310	Por cada 100 Kg o fracción mayor de 50 Kg	1.51
CAPÍTULO NOVENO.- DETENCIÓN EN TRÁNSITO PARA CARGA O DESCARGA PARCIAL		
	Por cada detención en tránsito para carga o descarga parcial	
3320	Cobro por carro	757.91
	Por cada detención en tránsito para descarga de excedentes en carros sobrecargados	
3330	Cobro por carro	8,500.00
CAPÍTULO DÉCIMO.- INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA CARGA		
	Por la inspección en tránsito	
3345	Cuota por carro	2,584.85
	Si después de la inspección el interesado desea que el carro sea descargado donde se efectuó ésta, se cobrará además el cambio de destino.	
	Por la verificación en el destino	
3350	Cuota por carro y por día o fracción	2,584.85
CAPÍTULO DÉCIMOPRIMERO.- PASO DE PUENTE Y CRUCE DE FRONTERA		
	Paso de puente y cruce de frontera	
	EMBARQUES QUE HAN PRODUCIDO O VAN A PRODUCIR INGRESOS POR FLETE	
	(Ciudad Juárez, Piedras Negras, Ojinaga, Mexicali y Nogales)	
	REMESAS DE CARRO POR ENTERO	
3370	Cobro por carro	995.88
	CONTENEDORES CARGADOS O VACÍOS	
3375	Por cada contenedor de 20 pies	190.5
3380	Por cada contenedor de 40 pies o mayores	381.05
	SEMIRREMOLQUES SOBRE PLATAFORMAS, CARGADOS O VACÍOS	
3385	Cuota por cada 1,000 Kg o fracción mayor de 500 Kg	12.57
3390	Cobro mínimo (20 toneladas)	251.36

	EMBARQUES QUE NO HAN PRODUCIDO NI VAN A PRODUCIR INGRESOS DE FLETE	
	(Ciudad Juárez, Piedras Negras, Ojinaga, Mexicali y Nogales)	
	REMESAS DE CARRO POR ENTERO	
3400	Cobro por carro	6,048.13
	EQUIPO FERROVIARIO PARA PRESTAR SERVICIO A PARTICULARES	
	(Ciudad Juárez, Piedras Negras, Ojinaga, Mexicali y Nogales)	
	COBRO POR UNIDAD	
3405	Locomotoras, grúas y plantas generadoras de energía eléctrica, sobre sus ruedas	1,792.79
3410	Por coches y carros vacíos sobre sus ruedas	448.21
CAPÍTULO DÉCIMOSEGUNDO.- REPESO DE MERCANCÍAS Y CERTIFICACIÓN DE PESO		
	Repeso de mercancías	
	EN REMESAS DE CARRO POR ENTERO	
	BÁSCULA DE VÍA	
3430	Cuota por carro	2,568.34
	EN BÁSCULA DE BODEGA	
3440	Por cada 1,000 Kg o fracción mayor de 500 Kg	32.31
	Certificación de peso	
3450	Cuota por carro	71.78
CAPÍTULO DÉCIMOTERCERO.- CARGOS APLICABLES A EQUIPO EN SERVICIO MULTIMODAL		
	Cargos por demora a semirremolques, por día y por unidad	
3500	Semirremolque sin refrigeración	1,034.26
3505	Semirremolque con refrigeración	1,719.73
	Cargo por maniobras y colocación de contenedores o remolques en andenes para reconocimiento previo o aduanal	
3507	Contenedores marítimos	1,727.78
3508	Contenedores ferroviarios	1,450.11
3509	Remolques	1,450.11
	Cargo por maniobra de consolidación o desconsolidación de contenedores o remolques	
3585	Por consolidación	2,067.05
3587	Por desconsolidación	2,067.05
	Cargo por maniobra por reconocimiento previo	
3795	Corte de sello	586.19
3797	Revisión física completa	4,132.99
3800	Toma de muestra	586.19
	Cargo por maniobra por reconocimiento aduanal	
3805	Rojo	4,132.99
3807	Rojo en tránsito con corte de sello	586.19
3810	Rojo en tránsito con corte de sello y revisión física completa	4,132.99
	CARGO POR DÍA POR ALMACENAJE DE CONTENEDORES O REMOLQUES	
	Almacenaje de equipo vacío después del plazo libre de diez días	
	A partir del vigésimo día, cargo por día o fracción de día	
3825	Contenedores de 20'	99.31
3827	Contenedores de 40' o de mayor longitud	164.9
3830	Remolques	520.87
3710	Chasises	248.61
	Almacenaje de equipo cargado de cualquier tamaño y tipo después del plazo libre de cinco días, cargo por día o fracción de día	
3835	El sexto y séptimo días	661.32
3837	Del octavo al décimo días	1,034.21
3840	Del décimoprimer día en adelante	1,360.25

CAPÍTULO DÉCIMOCUARTO.- CARGOS APLICABLES AL EQUIPO INTERMODAL EN SERVICIO DOMÉSTICO		
	Cargos por perdiem a contenedores, por día y por unidad	
3851.1	Del primer al décimo día	647.4
3852.1	Del decimoprimer al trigésimo día	971.1
3852.2	Del día 31 en adelante	1,800.00
	Cargo por contenedor no utilizado	
3853	Cuota por contenedor	917.15
	Cargo por espacio no utilizado	
3854	Cuota por contenedor	917.15
	Cargo por información errónea del contenedor	
3855	Cuota por contenedor	5,395.00
	Cargo por uso no autorizado del equipo	
3856	Cuota por contenedor	10,790.00
CAPÍTULO DÉCIMOQUINTO.- CARGOS APLICABLES A LIMPIEZA DE CARROS DE CARGA		
3850	Cuota por carro	1,087.89
CAPÍTULO DÉCIMOSEXTO.- CARGOS APLICABLES A CIERRE DE PUERTAS, MECANISMOS DE COMPUERTAS DE DESCARGA Y TAPAS DE ESCOTILLAS		
3900	Cuota por carro	544.6

Fuente: (Ferrocaril Mexicano S.A. de C.V., 2014)

7.3 COSTOS DE CABOTAJE

A continuación se presentan los costos marítimos por tipo de barco que se obtuvieron en el año 2002 dentro de Puerto Progreso, en Yucatán.

Tabla 7-83. Costos de Puerto Progreso, 2002

Puerto Progreso, Yucatán			
Tipo de barco	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Costos en puertos marítimos			
Pilotaje y remolque (Usd/barco)	3,000	4,500	6,500
Administración/capitanía (Usd/día)	840	840	840
Costo de muellaje (Usd por metro y día)	27.5	27.5	27.5
Equipo de estibadores (Usd por contenedor)	73.0	73.0	73.0
Tiempo extra por piso (Usd por contenedor y día)	0	0	0
Disposición de chasis (Usd por contenedor)	36.0	36.0	36.0
<i>Costo mínimo por contenedor</i>	163	154	
Puerto Progreso - Bienville			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Costos de transporte marítimo			
Costo de flete marítimo (Usd/día)	15,000	42,000	n.a.
Costo de espera en puertos (Usd/día)	9,000	25,200	n.a.
<i>Costo mínimo por contenedor</i>	320	462	

Fuente: Elaboración propia con base en Coordinación General del Plan Puebla Panamá, 2003

Será necesario actualizar los costos al año 2013 debido al aumento en el costo de combustible, a la tasa de inflación y a la variación del tipo de cambio.

Como primer paso, es indispensable conocer cada costo de la tabla 7-84 en pesos mexicanos, de esta manera se muestran los costos en la tabla 7-85, tomando en cuenta el tipo de cambio equivalente a 9.70 \$/USD.

Tabla 7-84. Costos de Puerto Progreso en pesos mexicanos, 2002

Puerto Progreso, Yucatán			
Tipo de barco	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Costos en puertos marítimos			
Pilotaje y remolque (\$/barco)	29,100	43,650	63,050
Administración/capitanía (\$/día)	8,148	8,148	8,148
Costo de muellaje (\$ por metro y día)	267	267	267
Equipo de estibadores (\$ por contenedor)	708	708	708
Tiempo extra por piso (\$ por contenedor y día)	0	0	0
Disposición de chasis (\$ por contenedor)	349	349	349
<i>Costo mínimo por contenedor</i>	<i>1,581</i>	<i>1,494</i>	
Puerto Progreso –Bienville			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Costos de transporte marítimo			
Costo de flete marítimo (\$/día)	145,500	407,400	n.a.
Costo de espera en puertos (\$/día)	87,300	244,440	n.a.
<i>Costo mínimo por contenedor</i>	<i>3,104</i>	<i>4,481</i>	

Fuente: Elaboración propia con base en Coordinación General del Plan Puebla Panamá, 2003
Tipo de cambio: 9.70 \$/USD

Posteriormente, es necesario separar el porcentaje de combustible utilizado del costo de flete marítimo, para ello se considerará un porcentaje de 14% de combustible para el tipo 1 y 12% para el tipo 2, la proporción restante implicará costos como pilotaje, capitanería, entre otros.

Tabla 7-85. Costos de Puerto Progreso en pesos mexicanos y desglose de combustible, 2002

Puerto Progreso, Yucatán			
Tipo de barco	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Costos en puertos marítimos			
Pilotaje y remolque (\$/barco)	29,100	43,650	63,050
Administración/capitanía (\$/día)	8,148	8,148	8,148
Costo de muellaje (\$ por metro y día)	267	267	267
Equipo de estibadores (\$ por contenedor)	708	708	708
Tiempo extra por piso (\$ por contenedor y día)	0	0	0
Disposición de chasis (\$ por contenedor)	349	349	349
<i>Costo mínimo por contenedor</i>	<i>1,581</i>	<i>1,494</i>	
Puerto Progreso – Bienville			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Costos de transporte marítimo			
Costo de flete marítimo (\$/día)	145,500	407,400	n.a.
Combustible(\$/día)	20,370	48,888	n.a.
Otros costos(\$/día)	125,130	358,512	n.a.
Costo de espera en puertos (\$/día)	87,300	244,440	n.a.
<i>Costo mínimo por contenedor</i>	<i>3,104</i>	<i>4,481</i>	

Fuente: Elaboración propia con base en Coordinación General del Plan Puebla Panamá, 2003

Nota: 14% del costo de flete equivale al costo de combustible en el barco tipo 1 y 12% para el barco tipo 2

Para actualizar el costo del combustible de 2002 a 2013, una forma de hacerlo es transformando a litros utilizados, y posteriormente utilizar el costo del combustible por litro, como se muestra a continuación:

$$\frac{\$20,370}{\$4.86} = 4,191 \text{ l}, \quad 4,191 \text{ l} * \$ 12.49 = \$ 52,346$$

$$\frac{\$48,888}{\$4.86} = 10,059 \text{ l}, \quad 10,059 \text{ l} * \$ 12.49 = \$ 125,637$$

Nota: El costo registrado del Diésel para el año 2002 fue de \$4.86
El costo registrado del Diésel para diciembre de 2013 fue de \$12.49
Datos tomados del Instituto Nacional de Estadística y Geografía

Tabla 7-86. Tasa de inflación y tipo de cambio por año

Año	Tasa Inflación	Tipo de cambio
2002	5.7%	9.70
2003	3.9%	10.85
2004	5.2%	11.45
2005	3.3%	10.75
2006	4.2%	10.95
2007	3.6%	11.00
2008	6.6%	11.80
2009	3.7%	13.60
2010	4.4%	12.65
2011	3.8%	12.50
2012	3.7%	13.15
2013	4.0%	12.80
F. actualización (2002-2013)=		1.5714

Fuente: Elaboración propia con base en Banco de Información Económica INEGI, 2014

Finalmente se utiliza la tasa de inflación para actualizar los demás costos, de esta manera, multiplicando el factor de actualización 2002-2013 por cada costo, exceptuando el costo de combustible, se obtiene la información actualizada de la tabla 7-87.

Tabla 7-87. Costos de Puerto Progreso en pesos mexicanos, (Valores actualizados a 2013)

Puerto Progreso, Yucatán			
Tipo de barco	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Costos en puertos marítimos			
Pilotaje y remolque (\$/barco)	45,728	68,592	99,077
Administración/capitanía (\$/día)	12,804	12,804	12,804
Costo de muellaje (\$ por metro y día)	419	419	419
Equipo de estibadores (\$ por contenedor)	1,113	1,113	1,113
Tiempo extra por piso (\$ por contenedor y día)	0	0	0
Disposición de chasis (\$ por contenedor)	549	549	549
<i>Costo mínimo por contenedor</i>	2,485	2,347	
Puerto Progreso – Bienville			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Costos de transporte marítimo			
Costo de flete marítimo (\$/día)	248,979	689,006	n.a.
Combustible (\$/día)	52,346	125,637	n.a.
Otros costos (\$/día)	196,629	563,366	n.a.
Costo de espera en puertos (\$/día)	137,183	384,113	n.a.
<i>Costo mínimo por contenedor</i>	4,878	7,042	

Fuente: Elaboración propia con base en Coordinación General del Plan Puebla Panamá, 2003

Anexo 5. Matrices Origen – Destino

7.4 TRANSPORTE FERROVIARIO

Tabla 7-88. Matriz Origen – Destino, distancias (km)

Distancias (km)	Guaymas	Topolobampo	Mazatlán	Manzanillo	Lázaro Cárdenas	Salina Cruz	Puerto Chiapas	Mexicali	Chihuahua	Torreón	Celaya
Guaymas	0.0	392.4	765.2	1,714.8	2,026.0	2,810.5	3,222.0	808.1	957.9	1,429.2	1,674.1
Topolobampo	392.4	0.0	492.4	1,441.8	1,753.0	2,537.5	2,949.0	1,184.1	684.9	1,156.2	1,400.8
Mazatlán	765.2	492.4	0.0	949.4	1,259.8	2,045.0	2,109.9	1,556.9	1,057.7	492.4	907.7
Manzanillo	1,714.8	1,441.8	949.4	0.0	1,226.1	1,804.3	2,210.2	2,506.5	1,862.4	1,379.9	661.4
Lázaro Cárdenas	2,026.0	1,753.0	1,472.2	1,226.1	0.0	1,349.2	1,732.2	3,030.1	1,891.4	1,534.8	573.0
Salina Cruz	2,810.5	2,542.4	2,045.0	1,798.1	1,349.2	0.0	481.8	3,602.2	2,439.4	1,981.5	1,136.7
Puerto Chiapas	3,222.0	2,953.9	2,456.4	2,209.6	1,732.2	481.8	0.0	4,014.2	2,875.6	2,393.0	1,548.2
Mexicali	807.5	1,184.1	1,556.9	2,506.5	2,817.7	3,602.2	4,013.7	0.0	1,749.6	2,220.9	2,465.8
Chihuahua	957.9	684.9	1,057.7	1,862.4	1,891.4	2,439.4	2,875.6	1,749.6	0.0	482.5	1,326.8
Torreón	1,429.2	1,156.2	492.4	1,379.9	1,534.8	1,981.5	2,393.0	2,220.9	482.5	0.0	844.8
Celaya	1,674.1	1,400.8	907.7	661.4	572.9	1,136.7	1,548.8	2,465.8	1,326.8	844.8	0.0

Fuente: Elaboración propia con base en Ferromex Grupo México.

Tabla 7-89. Matriz Origen – Destino, días de viaje

Días	Guaymas	Topolobampo	Mazatlán	Manzanillo	Lázaro Cárdenas	Salina Cruz	Puerto Chiapas	Mexicali	Chihuahua	Torreón	Celaya
Guaymas	0	1	2	5	5	7	8	2	3	4	4
Topolobampo	1	0	2	4	5	6	7	3	2	3	4
Mazatlán	2	2	0	3	3	5	5	4	3	2	3
Manzanillo	5	4	3	0	3	5	6	6	5	4	2
Lázaro Cárdenas	5	5	4	3	0	4	5	8	5	4	2
Salina Cruz	7	7	5	5	4	0	2	9	6	5	3
Puerto Chiapas	8	7	6	6	5	2	0	10	7	6	4
Mexicali	2	3	4	6	7	9	10	0	5	6	6
Chihuahua	3	2	3	5	5	6	7	5	0	2	4
Torreón	4	3	2	4	4	5	6	6	2	0	2
Celaya	4	4	3	2	2	3	4	6	4	2	0

Fuente: Elaboración propia con base en Ferromex Grupo México.

7.5 TRANSPORTE MARÍTIMO

Tabla 7-90. Matriz Origen – Destino, distancias (km)

Distancias (km)	Ensenada	Rosarito	Guerrero Negro	La Paz	Guaymas	Topolobampo	Mazatlán	Manzanillo	Lázaro Cárdenas	Salina Cruz	Puerto Chiapas
Ensenada	0	75	565	1,675	2,000	1,743	1,679	2,022	2,320	3,208	3,435
Rosarito	75	0	585	1,695	2,020	1,763	1,699	2,042	2,340	3,228	3,455
Guerrero Negro	565	585	0	1,330	1,630	1,345	1,328	1,665	1,928	2,795	3,082
La Paz	1,675	1,695	1,330	0	428	224	458	928	1,193	2,070	2,320
Guaymas	2,000	2,020	1,630	428	0	343	737	1,236	1,494	2,400	2,637
Topolobampo	1,743	1,763	1,345	224	343	0	390	918	1,188	2,068	2,340
Mazatlán	1,679	1,699	1,328	458	737	390	0	590	858	1,753	2,026
Manzanillo	2,022	2,042	1,665	928	1,236	918	590	0	283	1,174	1,446
Lázaro Cárdenas	2,320	2,340	1,928	1,193	1,494	1,188	858	283	0	872	1,140
Salina Cruz	3,208	3,228	2,795	2,070	2,400	2,068	1,753	1,174	872	0	344
Puerto Chiapas	3,435	3,455	3,082	2,320	2,637	2,340	2,026	1,446	1,140	344	0

Fuente: Elaboración propia con base en Ferromex Grupo México.

Tabla 7-91. Matriz Origen – Destino, días de viaje

Días	Ensenada	Rosarito	Guerrero Negro	La Paz	Guaymas	Topolobampo	Mazatlán	Manzanillo	Lázaro Cárdenas	Salina Cruz	Puerto Chiapas
Ensenada	0	1	1	3	4	3	3	4	4	6	6
Rosarito	1	0	1	3	4	3	3	4	4	6	6
Guerrero Negro	1	1	0	3	3	3	3	3	4	5	5
La Paz	3	3	3	0	1	1	1	2	2	4	4
Guaymas	4	4	3	1	0	1	2	2	3	4	5
Topolobampo	3	3	3	1	1	0	1	2	2	4	4
Mazatlán	3	3	3	1	2	1	0	1	2	3	4
Manzanillo	4	4	3	2	2	2	1	0	1	2	3
Lázaro Cárdenas	4	4	4	2	3	2	2	1	0	2	2
Salina Cruz	6	6	5	4	4	4	3	2	2	0	1
Puerto Chiapas	6	6	5	4	5	4	4	3	2	1	0

Fuente: Elaboración propia.

7.6 AUTOTRANSPORTE

Tabla 7-92. Matriz Origen – Destino, distancias (km)

Distancias (km)	Ensenada	Rosarito	Guerrero Negro	La Paz	Guaymas	Topolobampo	Mazatlán	Manzanillo	Lázaro Cárdenas	Salina Cruz	Puerto Chiapas	Mexicali	Torreón	León	Distrito Federal
Ensenada	0	80	609	1,416	1,073	1,443	1,825	2,522	2,777	3,551	3,929	244	1,990	2,513	2,829
Rosarito	80	0	690	1,451	1,023	1,393	1,771	2,472	2,727	3,501	3,879	194	1,940	2,463	2,779
Guerrero Negro	609	690	0	771	384*	759*	1,137*	1,838*	2,093*	2,866*	3,245*	598	1,635*	1,829*	2,145*
La Paz	1,416	1,451	771	0	603**	223**	653**	1,354**	1,609**	2,382**	2,761**	1,359	1,151**	1,345**	1,661**
Guaymas	1,073	1,023	384*	603**	0	381	759	1,461	1,715	1,489	2,868	830	1,257	1,451	1,767
Topolobampo	1,443	1,393	759*	223**	381	0	431	1,132	1,387	2,160	2,539	1,200	929	1,123	1,439
Mazatlán	1,825	1,771	1,137*	653**	759	431	0	705	959	1,733	2,112	1,578	501	695	1,011
Manzanillo	2,522	2,472	1,838*	1,354**	1,461	1,132	705	0	348	1,478	1,857	2,284	983	518	756
Lázaro Cárdenas	2,777	2,727	2,093*	1,609**	1,715	1,387	959	348	0	989	1,447	2,546	1,155	503	607
Salina Cruz	3,551	3,501	2,866*	2,382**	1,489	2,160	1,733	1,478	989	0	462	3,358	1,760	1,148	773
Puerto Chiapas	3,929	3,879	3,245*	2,761**	2,868	2,539	2,112	1,857	1,447	462	0	3,698	2,100	1,489	1,113
Mexicali	244	194	598	1,359	830	1,200	1,578	2,284	2,546	3,358	3,698	0	1,748	2,271	2,587
Torreón	1,990	1,940	1,635*	1,151**	1,257	929	501	983	1,155	1,760	2,100	1,748	0	649	1,005
León	2,513	2,463	1,829*	1,345**	1,451	1,123	695	518	503	1,148	1,489	2,271	649	0	386
Distrito Federal	2,829	2,779	2,145*	1,661**	1,767	1,439	1,011	756	607	773	1,113	2,587	1,005	386	0

Fuente: Elaboración propia.

*Incluye 164 km de viaje en Ferry ruta Guaymas – Santa Rosalía, cuya velocidad es de 17 km/h, aproximadamente 10 horas de viaje

** Incluye 223 km de viaje en Ferry ruta Topolobampo – La Paz, cuya velocidad es de 28 km/h, aproximadamente 8 horas de viaje

Tabla 7-93. Matriz Origen – Destino, días de viaje

Días total	Ensenada	Rosarito	Guerrero Negro	La Paz	Guaymas	Topolobampo	Mazatlán	Manzanillo	Lázaro Cárdenas	Salina Cruz	Puerto Chiapas	Mexicali	Torreón	León	Distrito Federal
Ensenada	0	1	1	2	1	2	2	3	3	3	4	1	2	2	3
Rosarito	1	0	1	2	1	2	2	2	3	3	4	1	2	2	3
Guerrero Negro	1	1	0	1	1*	1*	2*	2*	2*	3*	3*	1	2*	2*	2*
La Paz	2	2	1	0	1**	1**	1**	2**	2**	2**	3**	2	1**	2**	2**
Guaymas	1	1	1*	1**	0	1	1	2	2	2	3	1	1	2	2
Topolobampo	2	2	1*	1**	1	0	1	1	2	2	3	1	1	1	2
Mazatlán	2	2	2*	1**	1	1	0	1	1	2	2	2	1	1	1
Manzanillo	3	2	2*	2**	2	1	1	0	1	2	2	2	1	1	1
Lázaro Cárdenas	3	3	2*	2**	2	2	1	1	0	1	2	3	1	1	1
Salina Cruz	3	3	3*	3**	2	2	2	2	1	0	1	3	2	1	1
Puerto Chiapas	4	4	3*	3**	3	3	2	2	2	1	0	3	2	2	1
Mexicali	1	1	1	2	1	1	2	2	3	3	3	0	2	2	3
Torreón	2	2	2*	1**	1	1	1	1	1	2	2	2	0	1	1
León	2	2	2*	2**	2	1	1	1	1	1	2	2	1	0	1
Distrito Federal	3	3	2*	2**	2	2	1	1	1	1	1	3	1	1	0

Fuente: Elaboración propia.

*Incluye aproximadamente 10 horas de viaje en Ferry, ruta Guaymas – Santa Rosalía

** Incluye aproximadamente 8 horas de viaje en Ferry, ruta Topolobampo – La Paz

Anexo 6. Ejemplo de ilustración para la utilización de software MICMAC

Para la utilización del software MICMAC, es necesario contar con la matriz de influencias directas, realizada a partir de las variables básicas.

Como ejemplo de ilustración, se tiene a las cinco primeras variables de nuestro capítulo

4.4 Pronóstico de la demanda, es decir:

1. Tipos de mercancías compatibles con el cabotaje (poco exigentes en tiempo)
2. Demanda por tipo de mercancías
3. Localización geográfica del origen
4. Localización geográfica del destino
5. Distancia de recorrido

A partir de ellas se construye la matriz de influencias directas (tabla 7-94), en donde se colocará en cada celda un cero si no existe influencia o un uno si existe influencia; para el caso de la celda 3,5 se realizará la pregunta: ¿Influye la localización geográfica del origen sobre la distancia del recorrido? La respuesta claramente es uno, debido a que la

distancia va a depender del lugar en donde se encuentre el punto de origen. Al contrario de la celda 5,3 en la cual se realiza la pregunta: ¿La distancia de recorrido tiene influencia sobre la localización geográfica del origen? Se coloca un número cero, debido a que la distancia de recorrido no influye sobre la localización geográfica. De esta manera se completa la tabla, siempre recordando que en la diagonal se escribe cero.

Tabla 7-94. Matriz de influencias directas (MID). Variables básicas.

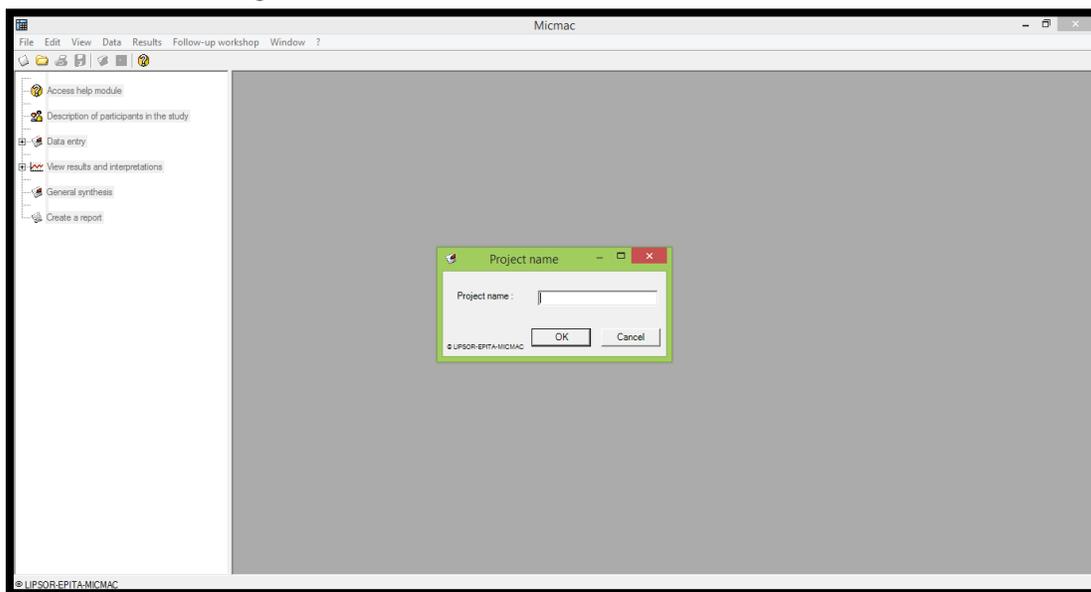
	1	2	3	4	5
1	0	0	1	1	1
2	1	0	1	1	1
3	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Nota: 0=sin influencia
1= con influencia

Una vez abierto el software, es necesario crear un nuevo archivo, se da clic en “File” o “Archivo” (dependiendo el idioma con el que trabaja el software) y posteriormente se da clic en “New” o “Nuevo”; ahora se pedirá ingresar el nombre del proyecto (figura 7.1), en este caso se llamará Ejemplo 1.

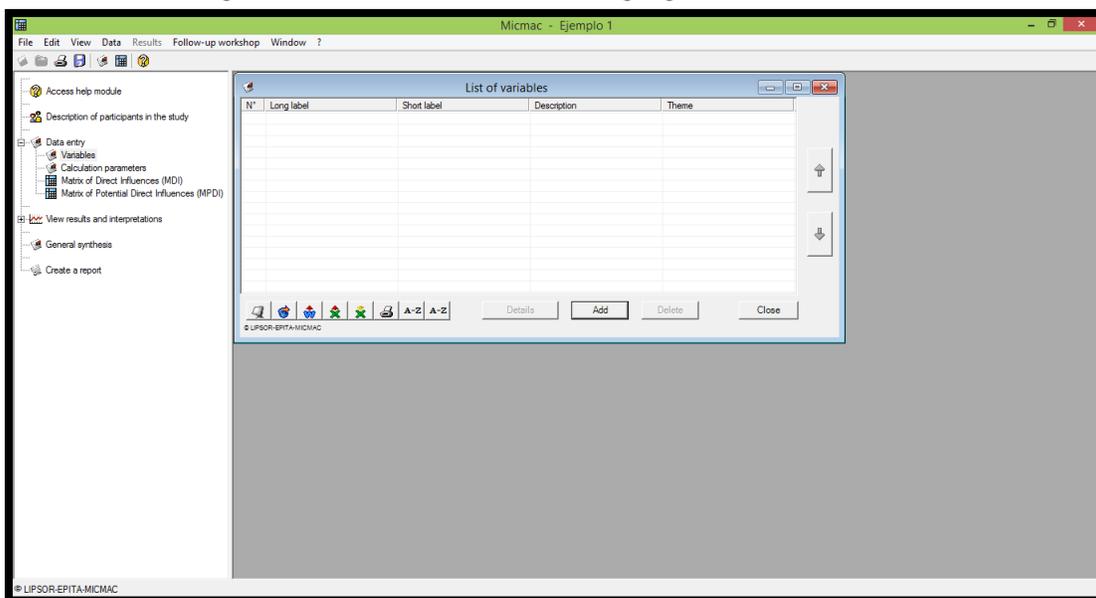
Figura 7.1: Software MICMAC, crear nuevo archivo



Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

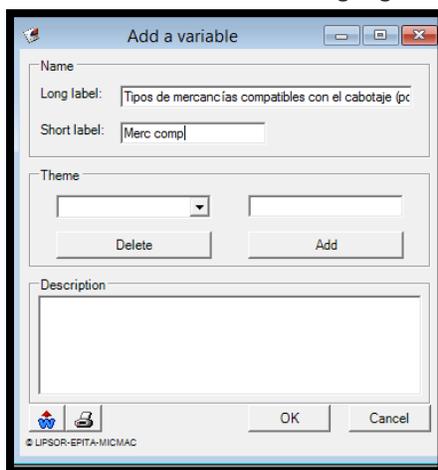
Del lado izquierdo se observa un menú, al dar clic en “Data entry” se despliegan diferentes opciones, a continuación se dará doble clic en “Variables” y se abrirá automáticamente un nuevo cuadro en donde se ingresará la lista de variables (figura 7.2), a través de la herramienta “Add” se irán agregando todas las variables (figura 7.3).

Figura 7.2: Software MICMAC, Agregar lista de variables



Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

Figura 7.3: Software MICMAC, agregar variables

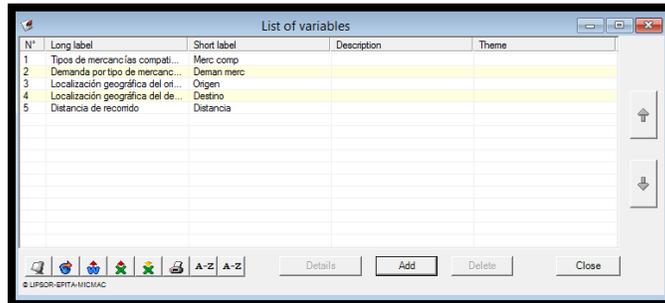


Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

Al tener todas las variables registradas (figura 7.4), se da clic en “Close” y posteriormente doble clic en la opción “Calculation parameters”; a continuación se pide ingresar el número de iteraciones, en este caso el mismo software sugiere que 1 iteración es el

número de iteraciones necesarias para alcanzar la estabilidad, pero sabiendo que a mayor número de iteraciones, mayor es la estabilidad, entonces se escribirá un número 9.

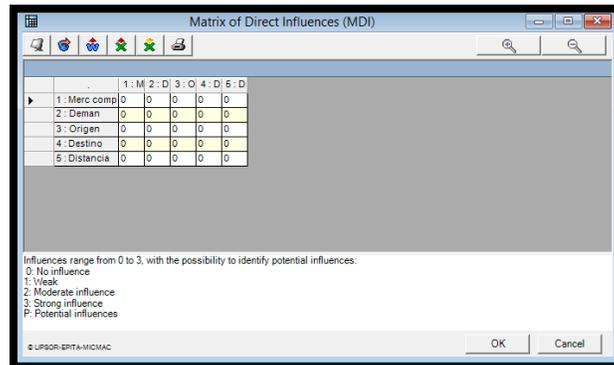
Figura 7.4: Software MICMAC, lista de variables registradas



Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

El siguiente paso es llenar la matriz de influencias directas, se da doble clic en “Matrix of Direct Influence (MDI)” y se abre un cuadro como el de la figura 7.5.

Figura 7.5: Software MICMAC, matriz de influencias directas

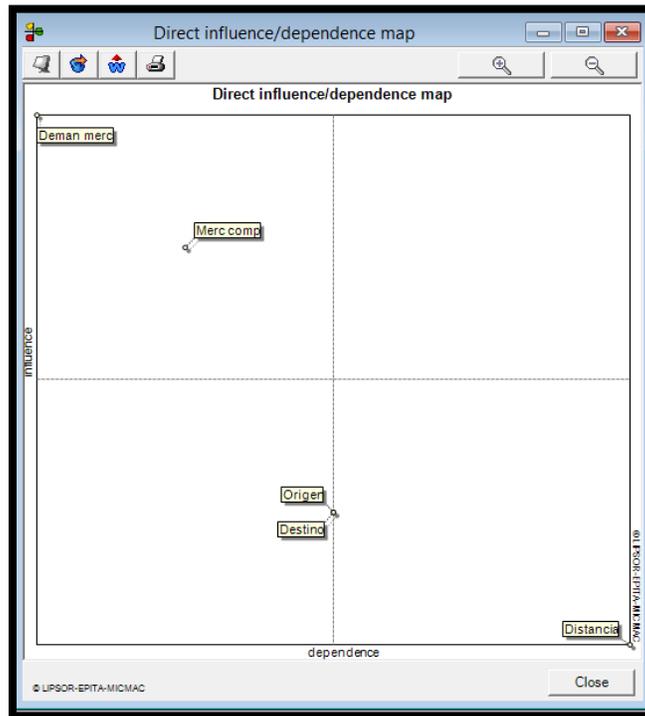


Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

Una vez que la matriz se haya completado, se da clic en “OK”, a continuación se da doble clic en la opción de “View results and interpretations” y posteriormente en “Calculate from MDI”, aparecerán más opciones pero la que es de nuestro interés es “Direct map”, dando doble clic se abrirá el gráfico de influencia vs dependencia directa (figura 7.6), el cual es posible exportar a Word.

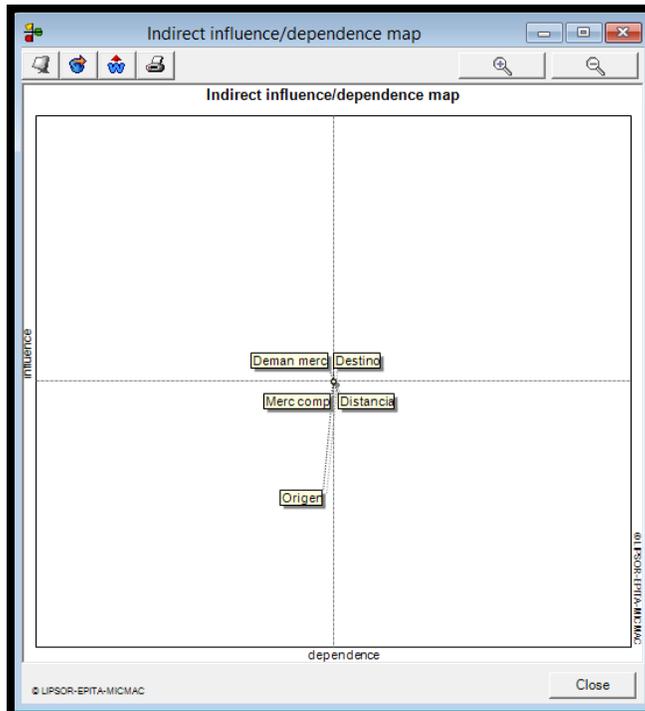
Así mismo, dentro de ese menú se encuentra la opción del plano de influencia indirecta (figura 7.7) y el plano de desplazamientos (figura 7.8).

Figura 7.6: Software MICMAC, plano de influencia/dependencia directa



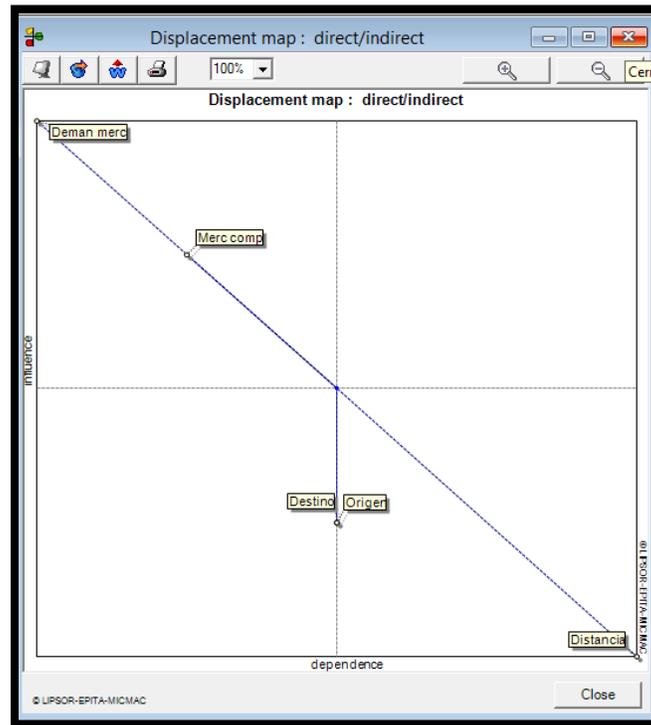
Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

Figura 7.7: Software MICMAC, plano de influencia/dependencia indirecta



Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC

Figura 7.8: Software MICMAC, plano de desplazamientos



Fuente: Elaboración propia con base en LIPSOR-EPITA-MICMAC