



CIATEC

Análisis de interacciones en cadenas de suministro: clusterización desde el enfoque de redes complejas.

# Tesis

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:

Maestra en Ciencia y  
Tecnología  
en la Especialidad de  
Ingeniería Industrial y de  
Manufactura.

PRESENTA:

**Ing. Pamela Hernández Garfias.**

Director:

Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos.

Co director:

Dr. Alfredo Bueno Solano.

León, Guanajuato, México, Diciembre del 2017.





León, Gto., a 27 noviembre de 2017.  
Ref. No. 09417/Posgrados/PICYT

Coordinador de Posgrado.  
PICYT – CIATEC.  
Guanajuato.

Los abajo firmantes miembros del Comité Tutorial de la alumna **Pamela Hernández Garfias**, una vez leída y revisada la Tesis titulada “*Análisis de interacciones en cadenas de suministro: clusterización desde el enfoque de redes complejas*”, aceptamos que la referida tesis revisada y corregida sea presentada por la alumna para aspirar al grado de Maestra en Ciencia y Tecnología en la Especialidad de Ingeniería Industrial y de Manufactura durante el Examen de Grado correspondiente.

Y para que así conste se firma la presente a los 27 días del mes de noviembre del año dos mil diecisiete.

---

**Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos**  
Tutor Académico.

---

**Dr. Alfredo Bueno Solano**  
Tutor en Planta.

EG-850-01-F13



León, Gto., a 06 diciembre de 2017

**Dr. Ricardo Jaime Guerra Sánchez.**  
Guerra Director General.  
PICYT – CIATEC.  
León, Guanajuato.

Estimado Dr. Guerra:

Los abajo firmantes, miembros del Jurado del Examen de Grado de la alumna **Pamela Hernández Garfias**, una vez leída y revisada su Tesis titulada “*Análisis de interacciones en cadenas de suministro: clusterización desde el enfoque de redes complejas*”, aceptamos que la referida tesis revisada y corregida sea presentada por la alumna para aspirar al grado de Maestra en Ciencia y Tecnología en la Especialidad de Ingeniería Industrial y de Manufactura durante el Examen de Grado correspondiente.

Y para que así conste firmamos la presente a los 06 días del mes de diciembre del año dos mil diecisiete.

---

Dr. Javier Yañez Mendiola.  
**Presidente.**

---

Dra. Elizabeth de la Torre Romero.  
**Secretario.**

---

Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos.  
**Vocal.**

EG-850-01-F14



# Agradecimientos

---

Agradecer es más que sólo decirlo, es mostrarlo en cada momento y sobre todo a aquellas personas que siempre están con nosotros. Este espacio, quiero dedicarlo especialmente a las personas que han estado en mi vida y de quienes siempre he aprendido grandes cosas.

Primeramente, quiero agradecer a Dios por la familia que me ha permitido tener, a mis padres Juan Carlos Hernández y Cristina Garfias, quienes me han dado amor incondicional, me enseñaron a actuar con valor, respeto y humildad. A mis hermanos, Juan Carlos y Fernanda, que siempre nos hemos apoyado y escuchado para ser mejores.

Quiero agradecer también, a mis abuelos, que aunque no se encuentren ya conmigo, siempre me enseñaron a apreciar y valorar las pequeñas cosas de la vida, y sobre todo a siempre estar con la familia. También, un agradecimiento por todo su cariño, aprecio y apoyo a mis tíos y primos.

Finalmente, quiero agradecer a aquellas personas que se han vuelto parte importante en mi vida, a Diego Martínez, que juntos hemos sido confidentes y nos hemos apoyado siempre en nuestras metas tanto profesionales como personales. A mis amigas Samantha y Carolina, por todo su cariño, apoyo incondicional, consejos y grandes momentos que hemos compartido. Gracias.

Sin duda, a lo largo de esta investigación he conocido a personas importantes y de quienes he aprendido, a mis amigos del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), con quienes he convivido y aprendido, gracias.

A mis tutores, al Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos, que siempre ha confiado en mí, y que con su apoyo profesional, sus consejos y sus grandes ideas, me ha ayudado a ser una mejor profesionista y a dar lo mejor de mí en cada etapa. Gracias por todo su apoyo y confianza en todo este tiempo. Al Dr. Alfredo Bueno Solano, por todos sus consejos y reflexiones sobre el desarrollo de la investigación, y por ayudarme a crecer profesional y personalmente.

A mis compañeros Jared Piña y Carlos Mario Pérez con los que tuve la oportunidad de trabajar y convivir en este tiempo y que sin duda logramos aprender muchas cosas.

A mis instituciones, al IMT por permitirme desarrollar este proyecto de investigación y por los datos que nos fueron brindados para esta. A CIATEC y a su personal por su soporte brindado en mi formación académica y a CONACYT que gracias a su programa de becas de posgrado fue posible la realización de este proyecto

Gracias a todos y cada uno.

# Resumen biográfico

---

Pamela Hernández Garfías, nació en Polotitlán, Estado de México el 05 de Septiembre de 1992. Sus padres son Juan Carlos Hernández Dorantes y Cristina Garfías Basurto.

Pamela Hernández es Ing. en Logística, egresada del Instituto Tecnológico de Querétaro en 2015. Realizó investigación sobre Diseño de rutas de distribución en zona urbana bajo consideraciones de tiempo y costo, bajo la tutoría del Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos. Al finalizar sus estudios ahí, ingreso al Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (PICYT) de CONACYT en el centro de investigación CIATEC, León. Desarrollando el proyecto de Análisis de interacciones en cadenas de suministro: clusterización desde el enfoque de redes complejas.

Durante el su proceso de maestría tuvo la oportunidad de colaborar en diversas investigaciones sobre ruteo, emisiones de contaminantes en el transporte y clústeres logísticos. Así como la oportunidad de colaborar con el Profesor Dr. Jan Fransoo en una estancia de investigación en la Universidad Técnica de Eindhoven, Holanda, analizando los costos de transporte de clúster industriales en México para analizar sus ventajas. En la industria, ha trabajado en áreas de almacén, control de calidad y diseño de rutas de transporte en de pasajeros. Sus principales intereses son en el área de cadena de suministro estudiado desde una visión en red, así como la evaluación de redes de colaboración en clústeres industriales y clústeres logísticos.



# Resumen

---

La cadena de suministro es la interacción de diversos actores que trabajan en conjunto para cumplir una meta o necesidad. Por lado contrario, la visualización de la cadena de suministro se ha hecho de manera lineal, sin tomar en cuenta que en cada una de las etapas no solo se involucra un solo actor, sino que se involucran múltiples actores. Del mismo modo, en esta creciente globalización las cadenas de suministro y/o actores de diversas cadenas de suministro interactúan unas con otros, quedando de lado un análisis lineal. Sin embargo, esta conceptualización de la cadena de suministro es un nuevo paradigma del cual aún es incierta la forma en que se debe evaluar y los parámetros y variables que se deben considera.

Identificada esta necesidad, se presenta una propuesta en la cual se busca visualizar la cadena de suministro como una red de suministro involucrando a diversos actores, pero bajo el contexto de operación de un clúster industrial. Es decir, se propone un análisis de las cadenas de suministro en clústeres industriales, logrando identificar las relaciones que se crean entre los miembros del clúster para después evaluar su estructura y composición.

La propuesta del modelo, propone una metodología para el análisis de clústeres industriales, identificando su especialización, la integración del clúster y las relaciones internas y externas. Teniendo como contribución, una herramienta de apoyo en cuanto a la toma de decisiones de localización, ya que si se agregan variables y/o atributos a la red es posible identificar la forma de integración de la red del clúster y que sea una pauta para la identificación de posibles clientes y proveedores en de la región.

En el presente trabajo se desarrolla el modelo de análisis de clúster de cadena de suministro, así como sus limitaciones, alcances y futuros retos desde una perspectiva sistémica.

# Índice

---

Agradecimientos.....	i
Resumen biográfico .....	ii
Resumen.....	iii
Índice.....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras.....	vii
1 Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema y justificación.....	2
1.1.1 Preguntas de investigación.....	3
1.2 Hipótesis .....	3
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivos específicos.....	4
1.4 Aportaciones y limitaciones.....	4
1.5 Enfoque de investigación .....	4
1.6 Organización del documento.....	8
2 Antecedentes .....	9
2.1 Introducción.....	9
2.2 Clúster industrial .....	9
2.3 Cadena de suministro y clúster industrial.....	11
2.4 Servicios especiales dentro del clúster .....	16
2.5 Conclusiones.....	17
3 Metodología .....	19
3.1 Introducción.....	19
3.2 Redes complejas.....	19

3.3	Estructura de las redes .....	20
3.4	Modelo conceptual: clúster industrial y cadena de suministro.....	22
3.5	Conclusiones.....	25
4	Análisis y resultados .....	26
4.1	Introducción.....	26
4.2	Caso de estudio: Clúster industrial México .....	26
4.3	Integración de los clúster industriales en México .....	36
4.3.1	Chihuahua .....	38
4.3.2	Coahuila .....	40
4.3.3	Estado de México .....	42
4.3.4	Guanajuato .....	45
4.3.5	Nuevo León .....	47
4.3.6	Querétaro. ....	49
4.3.7	San Luis Potosí.....	52
4.4	Conclusiones.....	54
5	Conclusiones.....	58
5.1	Conclusiones.....	58
5.2	Líneas futuras .....	60
5.3	Limitaciones .....	61
	Bibliografía .....	62
	Anexo.....	66

# Índice de tablas

---

Tabla 1. Perspectiva de análisis [8]......	13
Tabla 2. Red de capacidades por estados. ....	29
Tabla 3. Grado centralidad de clúster en base a empresas Tier 1. ....	31
Tabla 4. Sistemas centrales por estado en base a capacidades de las empresas	33
Tabla 5. Centralidad de empresas y sistemas, elaboración propia. ....	34
Tabla 6. Centralidad de los clúster y productos.....	55
Tabla 7. Grado de prestigio de los clústeres. ....	56
Tabla 8. Prestigio de cada clúster y productos.....	57

# Índice de figuras

---

Fig. 1. Proceso de investigación abductivo [20].	5
Fig. 2. Enfoque metodológico. Elaboración propia.	7
Fig. 3. Integración cadena de suministro y clúster industrial [14].	11
Fig. 4. Grafica no dirigida (izquierda), grafica dirigida (derecha) [38].	20
Fig. 5. Representación cadena de suministro y clúster. Elaboración propia.	23
Fig. 6. Análisis del clúster de cadena de suministro. Elaboración propia.	24
Fig. 7. Ejemplo de sistema de partes exteriores, con empresas y producto [43].	27
Fig. 8. Red de suministro automotriz Chihuahua.	38
Fig. 9. Grado de centralidad cadena automotriz Chihuahua.	39
Fig. 10. Grado de prestigio cadena automotriz Chihuahua.	39
Fig. 11. Importancia de proveedores en la red (Pagerank).	40
Fig. 12. Red automotriz Coahuila.	41
Fig. 13. Centralidad del estado de Coahuila.	41
Fig. 14. Principales nodos según su conectividad en la red (pagerank).	42
Fig. 15. Red del Estado de México.	43
Fig. 16. Centralidad del Estado de México.	43
Fig. 17. Grado de Prestigio Estado de México.	44
Fig. 18. Pagerank Estado de México.	44
Fig. 19. Red automotriz estado de Guanajuato.	45
Fig. 20. Nodos centrales del estado de Guanajuato.	46
Fig. 21. Grado de prestigio (entrada) de Guanajuato.	46
Fig. 22. Índice de Pagerank de la red de Guanajuato.	47
Fig. 23. Red Nuevo León	47
Fig. 24. Centralidad (nodos distribuidores).	48
Fig. 25. Nodos integradores de la de Nuevo León (grado de prestigio).	48
Fig. 26. Posicionamiento de los nodos en la red.	49
Fig. 27. Red automotriz estado de Querétaro.	50
Fig. 28. Grado de centralidad de la red de Querétaro.	50
Fig. 29. Grado de prestigio red Querétaro.	51

Fig. 30. Posicionamiento de los nodos.....	51
Fig. 31. Red automotriz Estado de San Luis Potosí.....	52
Fig. 32. Centralidad de los nodos San Luis Potosí.....	53
Fig. 33. Grado de Prestigio red San Luis Potosí.....	53
Fig. 34. Índice de posicionamiento de los nodos en la red (pagerank).....	54

# 1 Introducción

---

Las industrias avanzadas como lo son la industria automotriz, de electrónica, maquinaria, instrumental médico y aeronaves son parte de cadenas de suministro cuya competitividad global dependen en gran medida del desempeño y de los costos logísticos [1]. El crecimiento de las industrias de forma internacional, y la influencia sobre el desarrollo regional, ha llevado a las empresas a colocarse estratégicamente en zonas que les ayude a la reducción de sus costos de operación.

El establecimiento de las empresas en un área geográfica específica, trae consigo diversas expectativas en cuanto a la forma de relacionarse entre empresas y entre regiones. Un ejemplo de ello es el Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN) en donde participan México, Estados Unidos y Canadá. El TLCAN, no solo involucra el intercambio de productos terminados entre los tres países sino que, cada uno de ellos son actualmente co-productores de bienes tanto para sus propios mercados, como para el resto del mundo. Como resultado, se observa que es un sistema regional de manufactura y logística [2].

A pesar de ello, el clúster industrial se mantiene como una de las principales formas de organización industrial. Destacados autores lo señalan como una forma de adquirir la ventaja competitiva necesaria para insertarse en los mercados globales [3], [4], [5]. La literatura sobre clústeres industriales, evidencia su influencia en la generación de diversas oportunidades o ventajas de desarrollo y crecimiento para las empresas y regiones, pero bajo el contexto de un mundo globalizado, se dice que las soluciones eficientes (de bajo costo) ya no son suficientes para competir con las cadenas de suministro globales [2]. Se entiende entonces, que la reducción de costos a lo largo de las cadenas de suministro, ya no es suficiente, es necesario encontrar lo que Dyer and Singh denominaron “rentas sistémicas” [6] o lo que Cedillo-Campos y Pérez Araos definieron como: *“La capacidad de obtener ganancias relacionales a través de la articulación sistémica de las ventajas competitivas específicas de cada uno de los miembros en una red de suministro”* [7].

Pero si bien existen diversos modelos y estudios sobre cómo las empresas puede operar en conjunto con las demás para tener una ventaja competitiva, hasta hoy no quedan claros los mecanismos o variables a medir para garantizar la eficiencia logística de las organizaciones clusterizadas. Una de las principales características recurrentemente expuestas por los autores analizados, es su proximidad física como un elemento clave para la generación de competitividad debido a la integración entre empresas. Así mismo, sugieren una alta coordinación/cooperación en todos los niveles de la cadena de suministro, ya sea de forma vertical u horizontal. Pero esta coordinación/cooperación en ocasiones se ve afectada o no resulta efectiva debido a la poca interacción que se tiene entre los miembros. Además de los altos costos de transacción que se pueda llegar a generar [3], [4], [8], [9], [10], [11], [12], [13]. Esta afirmación y sus contradicciones, si se analizan a

empresas exitosas con cadenas de suministro altamente dispersas, nos han permitido identificar la necesidad de estudiar nuevas formas de organizar y conceptualizar un clúster industrial.

En este contexto, el presente trabajo toma como base el reporte técnico de Cedillo-Campos, el cual presenta como paradigma subyacente, que una nueva forma de organización industrial está derivada de la integración de los conceptos de clúster industrial y cadena de suministro: Supply Chain Clustering [14]. De esta forma, el presente trabajo de investigación propone que bajo una revisión crítica de la literatura, es posible identificar las nuevas formas de organización industrial a la intersección entre el concepto de clúster industrial y cadena de suministro. Para ello, es importante definir las interacciones entre los miembros de una cadena de suministro, y con ello, proponer una caracterización de la red, pero sobre todo para concretar la forma en cómo se involucran las cadenas de suministro unas con otras en el contexto del clúster industrial.

## **1.1 Descripción del problema y justificación**

En la actualidad, el incremento en la competencia entre las empresas viene dada por un cambiante mundo globalizado, donde cada organización pretende controlar sus costos operacionales a lo largo de todos sus procesos en la cadena de suministro. Pero en un ambiente de incertidumbre, el controlar y coordinar todos y cada uno de los procesos de la cadena de suministro se vuelve complejo y con grandes retos. Para abatir estos retos, las empresas en los últimos años han intentado conjuntar esfuerzos o establecerse en zonas geográficas estratégicas para mejorar sus operaciones.

Todos estos cambios han traído nuevos conceptos en las formas de organización industrial, como el clúster industrial [3]. En este sentido, Min [4] menciona que es una nueva forma de organización industrial entre empresas para adaptarse a una economía globalizada y competitiva. Por su parte, Niu [9] argumenta que las empresas al estar dentro de un clúster industrial tienen un conjunto de recursos, de información sobre demanda e innovación que los pueden utilizar para crear una ventaja competitiva que las ayude a desarrollarse dentro de mercados globales, pero que se necesita determinar qué condiciones ayudaran a promover las interacciones en red dentro del clúster y cuándo dichas redes pueden ofrecer un mayor valor agregado.

En cuanto a la perspectiva de la administración de la cadena de suministro dentro de los clústeres industriales, Law [15] demostró que existe una relación entre las operaciones internas de empresas, la relación con los proveedores y con los clientes, con el desempeño de la eficiencia del sector eléctrico y electrónico de Tailandia. Menciona que para tener mejores resultados se deben tomar en cuenta los diferentes tamaños de empresa y el impacto en la percepción de las interrelaciones de la cadena de suministro. De su lado, Kess [16] argumenta que para que la cadena de valor sea efectiva se necesita de una buena operación del sistema, así como el uso de las tecnologías de información y comunicación.



Por otra parte, Cedillo-Campos [14], propone un enfoque de Clusterización de Cadenas de Suministro (SCC o Supply Chain Clustering), sugiriendo que un enfoque geográfico e industrial sincronizado es fundamental para alcanzar un nuevo estadio en la competitividad de las organizaciones y las naciones. Para ello, menciona que las plataformas logísticas están llamadas a ser los nodos en los cuales los flujos provenientes tanto de los clústeres locales, como de las cadenas de suministro globales, pueden ser sincronizados y alineados para alcanzar su máximo potencial. Es entonces en las plataformas logísticas, los lugares ideales (a modo de torres de control) que favorecerían la identificación de procesos, actividades y servicios susceptibles de ser estandarizados, clusterizados y así ofrecerlos de forma común a todas las organizaciones en una región. Pero para que esto suceda, se debe identificar primero las relaciones entre las cadenas de valor e indicadores clave de desempeño que involucren los enfoques de cadena de suministro y clúster industrial. Desde este enfoque se ayudaría a encontrar las variables que permitirían establecer la sincronía entre estas dos formas de organización, y con esto, impulsar la competitividad mediante el enfoque de SCC [14].

Desde una perspectiva de cadena de suministro, se puede ver que existen esfuerzos por parte de diferentes organizaciones de la misma cadena de suministro, que buscan pertenecer a un clúster industrial en una región determinada. El interés de pertenecer a dichos clústeres no solamente es para disminuir sus costos al obtener oportunidades para desarrollar economías de escala en sus actividades, sino también, acceder a información que les permita tomar mejores decisiones. Aunque existen diversos estudios sobre clústeres industriales, aún queda trabajo por hacer en cuanto, por ejemplo, la identificación de flujos dentro y entre los clúster, para que de esta manera caracterizar la forma de inserción de cada clúster industrial en diversas regiones dentro de una cadena global. Es en este contexto que el presente trabajo busca contribuir al cuerpo del conocimiento tanto en cadena de suministro, como en clúster industrial.

### **1.1.1 Preguntas de investigación**

Las preguntas que nos guían para realizar la presente investigación son:

- ¿Qué tipo de relaciones existen entre las empresas y los clúster?
- ¿Existe una especialización para los clústeres a pesar de que sean del mismo sector económico?
- ¿Es posible visualizar el alcance de la cadena de suministro a través del análisis en forma de red compleja?
- ¿Es posible identificar actores comunes entre diferentes clústeres industriales?

## **1.2 Hipótesis**

Si se analizan y caracterizan las interacciones en cadenas de suministro por medio de un análisis de redes complejas, entonces, se podrá identificar áreas de

oportunidad para contribuir al cuerpo de conocimiento en cuanto a la clusterización de cadenas de suministro.

## 1.3 Objetivos

Caracterizar las relaciones de empresas en clúster industriales desde un enfoque de cadenas de suministro en red para identificar su estructura y especialización a través del análisis de redes complejas

### 1.3.1 Objetivos específicos

- Identificar la composición de clústeres industriales para conocer sus capacidades y conformación;
- Mapear las interacciones de empresas dentro de un clúster industrial desde un enfoque de cadena de suministro para establecer las relaciones existentes;
- Analizar las interacciones de empresas dentro de un clúster industrial a través de redes complejas para conocer su estructura y actores comunes de la cadena de suministro en forma de red.

## 1.4 Aportaciones y limitaciones

La presente investigación tiene como aportación la caracterización de las interacciones de empresas dentro de clústeres industriales desde el enfoque de cadena de suministro sin evaluar su desempeño. De manera específica se tienen las siguientes contribuciones:

- **Científica:** Método de análisis de redes complejas, generalizable al análisis de diversos clústeres industriales para identificar y favorecer el agrupamiento de diversas cadenas de suministro;
- **Tecnológica:** Identificación de la plataforma informática de apoyo para la evaluación de las interacciones de un clúster industrial;
- **Económica:** Contribución a la identificación de las interacciones dentro de los clústeres industriales analizados para la mejor toma de decisiones tanto por parte de la autoridad, como de las empresas.

## 1.5 Enfoque de investigación

La investigación en cadena de suministro es amplia y diversa en cuanto a los enfoques utilizados. De este modo, podemos encontrar investigaciones con un enfoque basado en el enfoque deductivo, también encontramos trabajos sustentados en el enfoque inductivo. En cuanto al enfoque deductivo, se comienza con un análisis de las teorías existentes, de las cuales se derivan las hipótesis que el investigador busca someter a prueba en la realidad. En cuanto al enfoque inductivo, este va de lo particular a lo general, explorando y descubriendo en la realidad fenómenos que luego se busca entender a través del análisis teórico [17]. Ante la necesidad de estudiar las relaciones entre empresas se debe contar con un

método flexible que permita ciclos para la generación de conocimiento y entendimiento del fenómeno de estudio. Sobre todo porque se requiere de la comparación de lo mencionado en la teoría y combinarlo con lo que se encuentra en la práctica, un método que se puede adaptar a ello, es el método abductivo. Soler [18] lo define como el proceso de formar una hipótesis explicativa, ya que es la única operación lógica que introduce alguna idea nueva, se considera una de las formas “novedosas” para la generación de hipótesis científicas.

Este enfoque inicia primero con el análisis del conocimiento teórico previo y la observación de la realidad después, pero en un proceso continuo de “idas y vueltas” a través o ciclo entre la observación y lo coincidente con la teoría, para después avanzar a las sugerencias explicativas sobre lo nuevo encontrado entre lo que se observó y sus diferencias con la práctica, para finalmente alcanzar conclusiones (Fig. 1). Este enfoque tiene la particularidad de que cuenta con una retroalimentación continua entre la información teórica y lo que se va adquiriendo con la observación de la práctica, por lo que hace que sea un enfoque que se va enriqueciendo en la medida en que se avanza en su implementación [19].

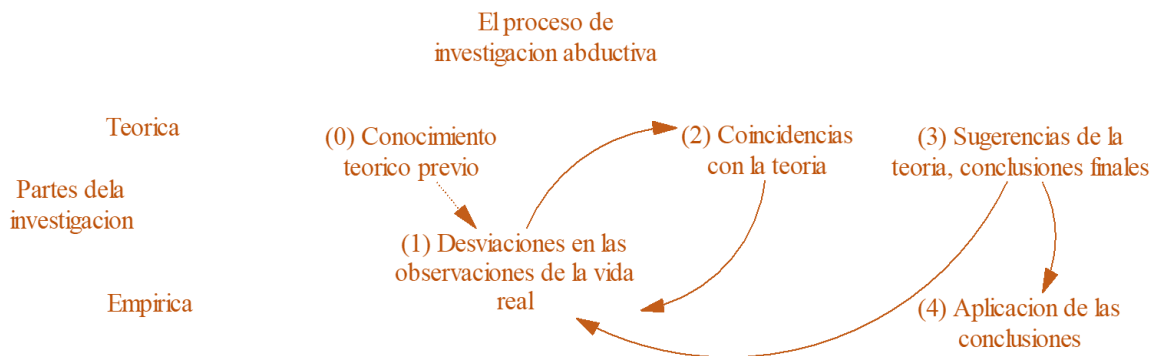
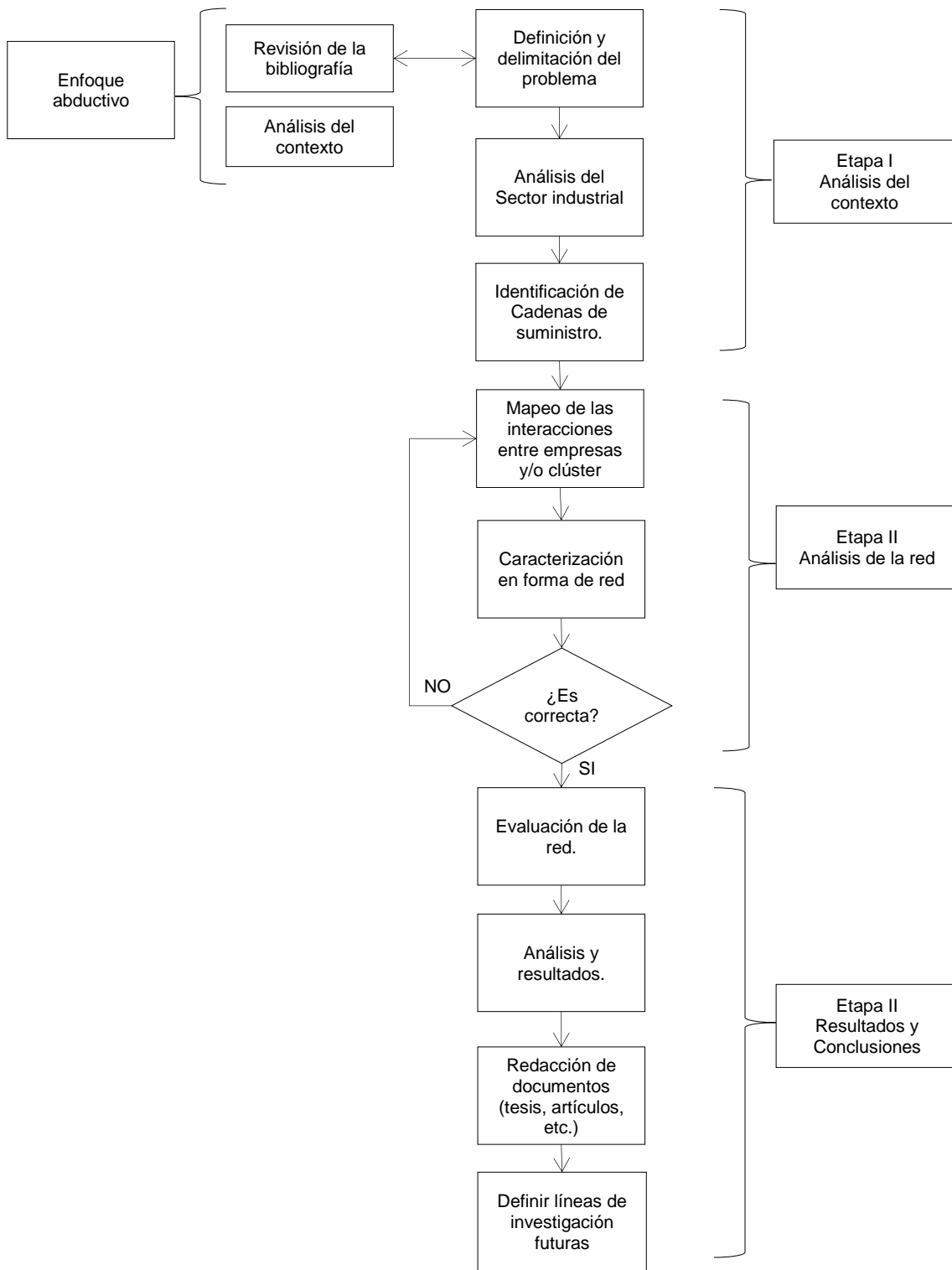


Fig. 1. Proceso de investigación abductivo [20].

El enfoque abductivo se considera apropiado para desarrollar nuestro propio proceso lógico para cumplir con desarrollar el análisis de las interacciones en cadenas de suministro, buscando identificar los procesos de clusterización desde el enfoque de redes complejas. En la figura 2 se muestra el proceso metodológico (Fig. 2) que se llevará a cabo durante el desarrollo de la investigación. El mismo se encuentra dividido en tres etapas que son:

1. Análisis del contexto
  - a. Revisión bibliográfica sobre clústeres industriales.
  - b. Análisis del contexto sobre clústeres nacionales.
  - c. Conceptualización del problema.
  - d. Clústeres industriales nacionales.
2. Análisis de la red
  - a. Establecimiento de la propuesta de clúster de cadena de suministro en forma de red.
  - b. Identificación actividades del clúster.
  - c. Establecimiento de las interacciones de empresas y/o clúster.

- d. Análisis del modelo a través de redes complejas.
- 3. Resultados y conclusiones.
  - a. Análisis de resultados
  - b. Publicación de resultados.



**Fig. 2. Enfoque metodológico. Elaboración propia.**

## **1.6 Organización del documento**

Este documento está estructurado en cuatro partes. El Capítulo 1 presenta una explicación, estructuración y delimitación del problema. En Capítulo 2 muestra el estado del arte y la teoría central del trabajo referente a clústeres de cadenas de suministro y la argumentación de diversos autores. El Capítulo 3 plantea la metodología empleada así como las etapas y actividades propuestas para la resolución del problema. El Capítulo 4 presentan los resultados de la investigación aplicadas a un caso de estudio sobre clúster industrial y cadena de suministro en México. Finalmente, el Capítulo 5 expone las conclusiones y futuras líneas de investigación relacionadas con clúster de cadenas de suministro.

## **2 Antecedentes**

---

### **2.1 Introducción**

Actualmente, en el marco del TLCAN (Tratado de Libre comercio para América del Norte), muchos productos son transportados a través de las fronteras varias veces de “ida y vuelta” con el objetivo de aprovechar las ventajas competitivas diferenciadas que cada clúster industrial local aporta a un producto final [21]. Para que estos productos lleguen a su destino final, es necesario que se planeen y gestionen diversas actividades como la distribución y uso de transporte, las cuales son parte de la cadena de suministro. Como se puede observar, dentro y fuera de ellos existen cadenas de suministro pertenecientes a diversas empresas, que pueden o no interactuar entre ellas.

Los dos enfoques, clúster industrial y cadena de suministro están ligados por varios aspectos conceptuales, como la importancia de la colaboración y coordinación en las actividades [14]. De hecho, ambos conceptos comparten el interés por la reducción de costos e incremento de la efectividad a través de la sincronización de los flujos con otras empresas. Además, la interacción frecuente entre organizaciones favorece la innovación. Así mismo, la principal diferencia radica en el enfoque “territorial” del clúster industrial. Es decir, en el “anclaje” local que un clúster industrial tiene con los actores locales como medio para tener operaciones más eficientes y que le generen ventajas competitivas duraderas. En el caso de cadena de suministro, es un enfoque netamente privado en el que si bien los proveedores locales resultan importantes, no va más allá en cuanto a integrar potenciales ventajas competitivas locales.

En este contexto, se tiene como objetivo conocer las relaciones entre la cadena de suministro y clúster industriales, para así construir un marco o modelo de referencia sobre los esfuerzos que se han hecho por conjuntar estos dos enfoques y que brinden un panorama sobre cómo evaluar las relaciones como un sistema dentro y entre los clústeres industriales.

### **2.2 Clúster industrial**

El clúster industrial es una concentración geográfica de empresas interconectadas, con proveedores especializados, proveedores de servicios de sectores afines e instituciones asociadas (universidades, organismos de normalización, gobierno, entre otros) que compiten y cooperan entre ellas. Por tanto, la suma de los componentes de cada empresa es de gran valor ya que se crean sinergias. En este sentido, para crear sinergias dentro de un clúster industrial deben existir tres dimensiones que son: i) empresas; ii) geografía o ubicación; y iii) red entre empresas [3].

Lawson [5] menciona que desde una perspectiva teórica un clúster es “una concentración geográfica, centrada y compartida, de una combinación de empresas

que facilitan e impulsan la colaboración eficiente y eficaz de los recursos y competencias de cada empresa”. Esta definición fue tomada por Niu [9] que afirma que el clúster influye a la competitividad de tres formas:

1. Incrementa la productividad
2. Mejora la capacidad de innovación y competencia, ya que obliga a las empresas a desarrollar capacidades dinámicas;
3. Estimula y permite la formación de nuevos negocios para la expansión del clúster.

Niu, destaca que una de las principales acciones que se debe tomar en cuenta para el desarrollo de una red de clústeres industriales, es identificar las similitudes entre ellos para lograr una interacción a través del clúster conociendo así la estructura de cada clúster y su especialización. El estudio de Niu fue realizado con empresas de Taiwan y China. Sin embargo, destaca que no es generalizable ya que las empresas comparten antecedentes históricos y sociales que le permiten establecer relaciones entre ellos.

Por otra parte, se sabe que medir el desempeño es una actividad importante de la evaluación y mejora de cualquier proceso o sistema. En este sentido, para analizar el desempeño de los clúster industriales Lamprinopoulou [12] se centra en el desempeño del mercado de cuatro clústeres conformados por pequeñas y medianas empresas. Su análisis lo realizó de forma cualitativa, usando información proporcionada por actores clave en cada uno de los clústeres así como con información de la región sobre su desarrollo. Para el análisis de la información se enfocó en el mapeo estructural y en la dimensión de las relaciones en cada caso, explorando la naturaleza y dinámica de las conexiones de forma horizontal y vertical entre los actores [12]. Como resultado de su investigación, mostró la forma en que interactúan de manera interna cada uno de los clústeres sin embargo, el estudio de estas interacciones es solo dentro del clúster, de forma cualitativa y bajo un único contexto en particular. En este contexto queda clara la necesidad de analizar no solo la parte interna, sino que también externa del clúster junto con otros actores. Pero además, agregando el enfoque cuantitativo para conocer las relaciones internas, especialización y la inclusión de los clúster de forma global.

Al considerar la evaluación de los clústeres industriales, Min [4] propuso un modelo para la toma de decisiones desarrollado desde la teoría de juegos para describir la relación de competencia y cooperación entre fabricantes que tienen la misma calidad. En dicho estudio, plantea dos tipos de juegos que son: juegos no cooperativos y juegos evolutivos, en los cuales tomó en cuenta siguientes variables.

- Cantidad de inversión;
- Tasa promedio de incremento en el mercado;
- Costo de información y comunicación;
- Coeficiente de confianza entre empresas.

La desventaja que se identifica en el modelo de Min es que sólo toma en cuenta la interacción establecida entre un cliente y un proveedor en términos de compra –



venta de productos y no analiza las relaciones fuera del clúster o con más clientes y proveedores.

El coordinar las formas de competencia y cooperación entre empresas del clúster es un gran reto para los investigadores en el área. El clúster industrial no se limita a un grupo de empresas establecidas en una región geográfica sino que, dentro y hacia afuera de este, existen vínculos que pueden ser estudiados para comprender su funcionamiento y competitividad.

De acuerdo con Cedillo-Campos [14], dentro de los clústeres existen empresas que manejan los flujos de las cadenas de suministro locales y que se van vinculando e incorporando con otras más para ser parte de cadenas de suministro globales (Fig. 3). En otras palabras, las cadenas de suministro de un clúster industrial integran sus operaciones con empresas pertenecientes a otros clústeres, pudiendo así ser parte de cadenas de suministro globales. Al integrar estos enfoques y evaluar las cadenas de clústeres como un sistema, este será un elemento crítico para mejorar la competitividad de las regiones.

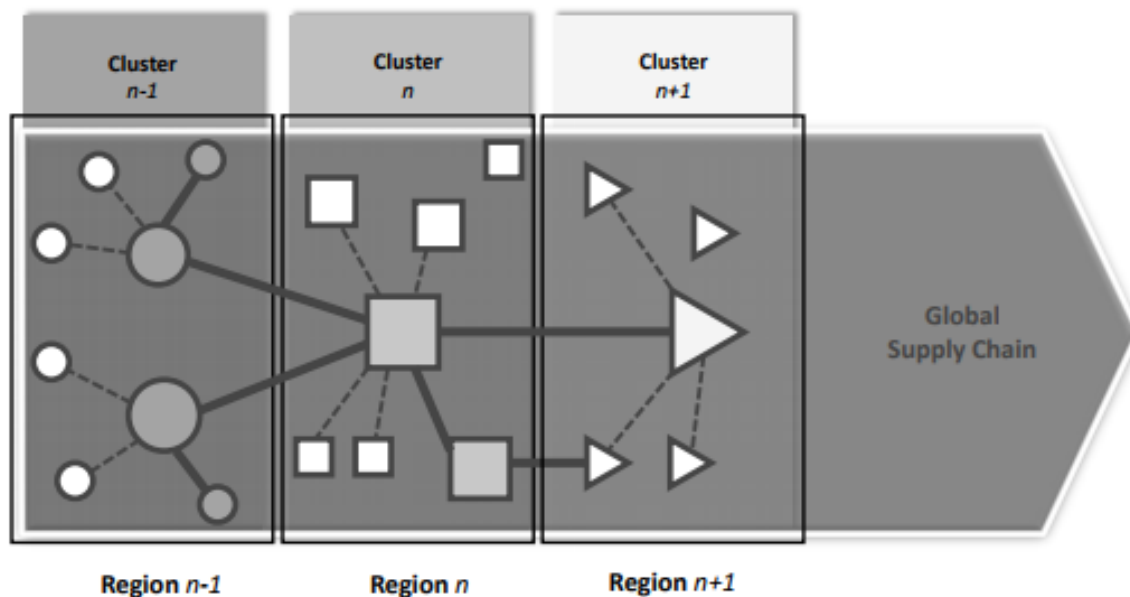


Fig. 3. Integración cadena de suministro y clúster industrial [14]

## 2.3 Cadena de suministro y clúster industrial

La cadena de suministro se compone de todas las partes involucradas, directa o indirectamente, para satisfacer la petición de un cliente. El término cadena de suministro evoca imágenes de un producto o provisión moviéndose de proveedores a fabricantes, a distribuidores, a detallistas, a clientes. Esto es, ciertamente una parte de la cadena de suministro, pero también es importante visualizar los flujos de información, productos y fondos en ambas direcciones de esta cadena [1]. El término cadena de suministro también puede implicar que sólo un actor participe en cada etapa o varios actores en una sola. Un fabricante puede recibir material de varios proveedores, y luego abastecer a varios distribuidores, por consiguiente, la

mayoría de las cadenas de suministro son redes que se van inter-lazando unas con otras dependiendo de los actores que tengan o con quienes estén involucrados.

El enfoque de cadena de suministro en conjunto con el de clúster industrial, ha traído una nueva línea de investigación. Algunos autores han enfocado esfuerzos en la medición del desempeño de las cadenas de suministro en conjunto con clústeres industriales, o en el estudio de la relación entre proveedores y clientes [22], [15], [23], [24]. Sin embargo, algunos de estos estudios involucran escenarios controlados o se limitan a analizar una sola cadena de suministro.

Lo, V. H. & Yeung, A [22], enfocado en mejorar la calidad entre el vendedor y comprador, a través de un análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés), encontró que para la selección del proveedor en la cadena de suministro existen tres etapas: i) selección; ii) desarrollo; e iii) integración de proveedores. Sin embargo, su estudio sólo ve la integración de proveedores como un aspecto estratégico al incorporarse dentro de la cadena de suministro y no toma en cuenta la interacción en red entre más proveedores.

Por otra parte, centrado en medir el desempeño de las empresas en el clúster, Carpinetti [8] discute de manera conceptual un modelo de evaluación de clústeres industriales. El modelo se basa en la medición del desempeño bajo cuatro perspectivas: i) desempeño de la compañía; ii) resultados socio-económicos; iii) eficiencia colectiva; y iv) capital social (Tabla 1). Las métricas que propuso Carpinetti fueron implementadas en un clúster de pequeñas y medianas empresas del sector textil en Brasil. Sin embargo, Carpinetti afirma que una de las principales dificultades del modelo es la aplicación de las métricas, la medición de los costos, la ausencia de cultura de toma de decisiones en base a información y la falta de recursos.

**Tabla 1. Perspectiva de análisis [8].**

Perspectiva	Objetivos	Definición de la métrica
Desempeño de la compañía	Crecimiento del mercado	Precio promedio de unidades vendidas.
	Mejora de la productividad	Valor agregado por empleado
	Reducción de costos	Costos totales
	Incremento de las ganancias	Ganancias
Resultados socioeconómicos	Mejora de las oportunidades del empleado.	Total de empleados.
	Disponibilidad de trabajadores especializados.	Número total de personas capacitadas.
Eficiencia colectiva	Reducción de costos, mejora en la cooperación.	Cantidad total de adquisición colectiva de materia prima.
Capital social	Incremento en el número de participantes.	Porcentaje de compañías que tienen cooperación entre ellas.

En el ámbito práctico, la gestión y medición del desempeño traen consigo acciones conjuntas entre las empresas de un clúster industrial. Estas acciones pueden ayudar a la consolidación de la cooperación, el intercambio de información y el desarrollo de la innovación, contribuyendo así a obtener una eficiencia colectiva dentro del clúster. De hecho, el enfoque de cadena de suministro está subyacente en el ámbito de operación del clúster industrial. La forma de medición del desempeño está correlacionada con el crecimiento de un clúster industrial a través del tiempo, pero no se han analizado las capacidades que tienen los clúster y si es que en cada uno de ellos se encuentra una especialización.

Los esfuerzos sobre unir las ventajas del clúster industrial junto con la administración de la cadena de suministro son escasos. Un caso particular es el de China, donde se establece este paradigma de clúster de cadena de suministro (CSC) [13]. Su principal enfoque es el desarrollo de Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) para que estas logren ser proveedoras de cadenas de suministro global.

Las características del enfoque de CSC es la proximidad geográfica entre empresas, la colaboración en red y un modelo céntrico para proveer servicios. La implementación del CSC según Huang [13] ayuda a simplificar los procesos de la cadena de suministro. Ejemplo de ello, en China se desarrolló un sistema llamado Global Industrial Supply (GIS) por el cual se administraban partes o procesos de la cadena de suministro y su integración de forma vertical u horizontal. Sin embargo, este enfoque se desarrolló para una empresa que tenía una gran cantidad de sub-firmas, y su implementación fue para áreas específicas, entre ellas; contratación externa, compras en común, agrupamiento de algunas partes y accesorios, comercio internacional y la administración de inventario de proveedores. El sistema, se desarrolló en un ambiente altamente controlado por un solo corporativo, con lo cual, no se enfrentaron a retos inherentes a la integración de firmas con diferentes culturas organizacionales, políticas de incentivos, estructuras etc.

Es importante resaltar que, dentro de la cadena de suministro existen diferentes flujos como el de información, demanda y producto. Este último, es de gran relevancia, ya que se va moviendo a través de la cadena de suministro y al término de ella, puede llegar a un cliente final o puede ser materia prima o parte de otro proceso. Por lo cual, es de este modo que las cadenas de suministro interactúan una con otra. Asumiendo que dentro del clúster existen varias cadenas de suministro y que en estas se mueve gran cantidad de producto, Allison y Zhang miden la producción de las cadenas de suministro dentro de los clúster industriales para satisfacer las necesidades de los clientes y realizar una selección de los proveedores de primer nivel. El modelo utilizado es el denominado “*coordinación de Lagrange*” para tratar problemas de diseño óptimo de sistemas complejos. El principio básico es que divide el sistema en una estructura descentralizada compuesto de elementos independientes de decisión con ciertas reglas de participación [25], [26]. Este modelo toma las siguientes variables:

- Ordenes por cada cadena de suministro.
- Alianza líder, empresa líder.
- Precio de productos vendidos.
- Ganancia de las ventas.
- Número de proveedores independientes.
- Ordenes independientes.
- Restricción de la capacidad del proveedor y del fabricante.

Otro modelo que incluye la producción de la región, así como el comercio, el servicio de logística del transporte de materias primas y productos terminados es el caso de Huang [24]. Mediante un modelo de programación entera mixta involucra los factores del entorno empresarias de una cadena de suministro.

El análisis de la literatura sobre clúster industriales y cadena de suministro, revela que las variables que comúnmente son establecidas para conocer la relación dentro o fuera del clúster cada vez van en aumento, y los modelos se vuelven más complejos de resolver y entender, por lo que un enfoque sencillo, ayudaría a conocer la naturaleza y dinámica del sistema. Azevedo [27] menciona que: “las

*cadena de suministro modernas son en realidad redes, las cuales proveen productos y servicios a los clientes en el tiempo, el lugar correcto y con las especificaciones requeridas”.*

En el sector automotriz, Azevedo desarrolló un modelo con base en la opinión de expertos con ayuda de técnicas de discusión y uso de variables. Propone la medición de las actividades de la cadena de suministro como planeación, abastecimiento, ensambles y entregas a los clientes. Recalca que, el tener actividades de calidad, cuantificables y de valor agregado (suministro, fabricación, logística, marketing y ventas, y soporte de las actividades) ayuda a mejorar el desempeño de la cadena. Sin embargo, menciona que sus resultados no son replicables, ya que el modelo fue desarrollado y aplicado para la industria automotriz de Portugal.

Analizando la evolución del clúster, Chen [23] menciona que para una efectiva administración de la red, las empresas tienen que movilizar y coordinar los recursos y actividades de otros actores en la red. En su estudio identifica los tipos de relaciones que existen entre proveedores y clientes de la industria textil. Teniendo como resultado tres tipos de relación: i) relación con proveedores; ii) relación con cliente; y iii) relación con su capacidad. Chen midió el desempeño entre la relación proveedor-cliente. Sin embargo, no se hace énfasis en conocer las relaciones de las empresas con otras cadenas de suministro o la posibilidad de coordinar esas relaciones con otros eslabones de la cadena de suministro, la cual ya se define como crítico en esta investigación, ya que se plantea el análisis de la relación cliente – proveedor, pero no solo de una cadena de suministro a otra, sino con varias.

El contar con cadenas de suministro eficientes es importante, ya que se menciona que la competencia entre las empresas actualmente viene dada entre sus cadenas de suministro, las cuales incluyen diversos actores, como las empresas de servicio de logística, no sólo clientes y proveedores. En un principio, Law [15] y Kess [16], demostraron que existen relaciones entre: i) las operaciones internas de la empresa; ii) la relación con los proveedores y con los clientes; y iii) el desempeño de la eficiencia colectiva. Afirma que la cadena será efectiva, si se tiene un correcto funcionamiento del sistema en conjunto con la aplicación y uso de las tecnologías de la información.

La existencia de diversidad de relaciones dentro de cadenas de suministro y dentro de los clúster industriales, abre la oportunidad de estudiar las relaciones desde una perspectiva de cadena de suministro en red.

Jayaram [28], identificó tres clústeres, del sector manufacturero de Tailandia, y agrupando a la empresas en base a su estrategia de negocio, la cuales fueron; i) líderes en costos; ii) líderes en diferenciación y; iii) líderes en estrategia. Sin embargo, el análisis solo agrupa o clasifica a las empresas según la estrategia, evidenciando entonces la oportunidad de que, una vez identificada la estrategia o capacidad de los clúster se puede evaluar la relación interna del clúster y si existen

relaciones con aquellos que desarrollan otra estrategia y de qué forma interactúan entre ellos.

A lo largo de este análisis, se ve que el desarrollo y estudio de la estructura o dinámica de los clústeres industriales, no solo se centra en buscar una ventaja competitiva ayudada por la ubicación geográfica, sino que también interfieren todos los actores de la cadena de suministro de las empresas dentro del clúster.

## **2.4 Servicios especiales dentro del clúster**

El paradigma de operación de un clúster industrial establece que se debe favorecer la interacción entre empresas de producción y de servicios, pero sobre todo de logística [29]. Surgiendo la interrogante de ¿cómo es que se integra la parte logística con las empresas de producción?

Trappey [11] resalta que hay diversas formas de integrar y sincronizar los flujos de material e información para mejorar la eficiencia de la cadena de suministro y reducir los costos logísticos de los intermediarios. Dentro de un clúster industrial, los servicios específicos de logística son determinados por los miembros que se encuentran dentro de él, y dependen también de las actividades logísticas de la cadena de suministro como:

- Manufactura de partes y componentes;
- Servicio de entregas;
- Vehículos de distribución;
- Gestión de almacenes.

Trappey analiza las similitudes entre las formas de cooperar dentro (intra-clúster) y fuera de un clúster (inter-clúster). Los datos fueron recolectados por medio de encuestas que se aplicaron a cuatro clúster industriales. Además el estudio fue complementado con otra encuesta para que a través de ella se pudiera medir la utilización de servicios de outsourcing o 3PL. Como resultado de la investigación, se mostraron los servicios (almacenamiento, atención al cliente, transporte, información compartida, etc.) que son generalmente más valorados o utilizados por cada uno de los clústeres industriales analizados y que pueden traer consigo una mejora en la satisfacción del cliente.

En este sentido, Cedillo-Campos y Sánchez-Garza, señala que uno de los principales impulsores para el desarrollo de la ventaja competitiva dinámica es la capacidad de diseñar, organizar y gestionar redes mundiales de suministro de forma que se maximice el rendimiento [30]. De hecho, resalta que debido al impacto que el contexto geográfico local tiene en el desempeño global de las cadenas de suministro internacionales, actualmente se requiere de un enfoque matricial global-local capaz de incorporar las propias necesidades del sistema industrial así como las características locales del sistema territorial donde se encuentran localizados los sitios de producción. Se trata de un enfoque a la intersección del clúster industrial y la cadena de suministro.

Del mismo modo, Aktas [31] y Phusavat [32] coinciden que para mejorar la eficiencia logística dentro de los clústeres industriales, es importante contar con servicios logísticos que favorezcan una mayor calidad en:

- Servicio al cliente;
- Distribución;
- Transporte;
- Colaboración en desarrollo de investigación;
- Almacenamiento.

La alta influencia de este tipo de servicios dentro de la operación de los clústeres industriales, trae consigo otro paradigma de organización llamado clústeres logísticos. Este término fue popularizado por Sheffi [33] quien lo define como una concentración geográfica conformada por tres tipos de empresas: i) proveedoras de servicio de logística; ii) empresas con intensivas operaciones de logística (distribución, manufactura ligera, kitting, entre otras); y por último, iii) operaciones logísticas de empresas industriales.

Bajo el contexto de clúster logístico, Rivera [34] identificó clústeres logísticos en EE.UU., dirigió una encuesta a 135 actores dentro y alrededor de los clústeres logísticos. Para la identificación de los clústeres logísticos, se utilizaron índices de localización como: la localización horizontal de clústeres; coeficiente de Gini; índice de Herfindahl-Hirschman; y, índice de Ellison-Glaeser. La mayoría de estos índices utilizan como datos de entrada el número de empleados en determinado sector industrial.

Entre sus hallazgos se tiene que: identificaron sesenta y un (61) clústeres logísticos, los cuales se encuentran en desarrollo. Además, adentra a que el gobierno juega un papel clave para este desarrollo, principalmente para este tipo de clústeres, ya que atrae al sector de transporte que ayuda a construir redes entre clústeres [34].

Sin embargo, esta forma de análisis se basó en identificar dentro de una región el tipo de actividades que se encuentran cercanas y con ello, establecer la oportunidad de que se agrupen como clúster logístico. No analiza las relaciones de este sector con el de manufactura y la importancia o impacto que se tiene en los servicios de logística al estar dentro de un clúster.

## 2.5 Conclusiones

Del análisis bibliográfico, se puede observar que la forma en que se percibe la operación de los clústeres industriales ha ido evolucionando. En primer plano se tiene al clúster industrial puro, en el que las empresas se encuentran localizadas en una región geográfica en la que se espera tener ventaja sobre la localización y competitividad. Sin embargo, no se avanza hacia el desarrollo de interacciones que favorezcan “*rentas sistémicas*” [6] mencionadas por Dyer and Singh o lo que Cedillo-Campos y PérezAraos definieron como: “*Inteligencia Sistémica*” [7] y que también puede entenderse como “*Inteligencia Colectiva*” [35].

Por otra parte, en un segundo plano, se identificó que los clústeres industriales son el medio “*loca*” por el cual las cadenas de suministro se pueden nutrir de su ventaja competitiva global. En este plano, diversos autores han estudiado el comportamiento de las cadenas de suministro dentro de los clúster que cruzan a través de su flujo de valor, sin embargo, no establecen métricas, ni evalúan adecuadamente su desempeño. Algunas investigaciones integran indicadores pero no logran evidenciar el comportamiento de toda la red.

Por último, en un tercer plano, se identificó la existencia de clúster de servicios de logística o clúster logístico. En él, se menciona que las actividades de logística son de gran importancia para las empresas de manufactura y su buen desempeño. Además, de que los servicios de logística son determinados por las empresas dentro y fuera del clúster, Jahre [10] menciona que los agrupamientos de los servicios no se deben determinar con base a las necesidades de las organizaciones del clúster, sino que también se deben tomar en cuenta a otras que estén fuera de él, y resalta un punto importante sobre la información logística (mapeo de carreteras, almacenamientos, aeropuertos, entre otros) ya que al conocer su disponibilidad y ubicación se puede sacar un mejor provecho de la infraestructura.

Como lo identificó Cedillo-Campos, los paradigmas de cadena de suministro y de clúster industrial van actualmente de la mano. Por un lado, es prácticamente imposible analizar a las actuales cadenas de suministro de forma lineal, sobre todo debido a las complejas interrelaciones entre actores localizados en diferentes partes del mundo que hacen más viable su análisis desde la teoría de redes complejas. Por otro lado, es en los clústeres industriales que se atomizan y articulan estas interrelaciones con el ámbito local para obtener ventaja competitiva diferenciada. En consecuencia, los dos paradigmas están vinculados por una red de nodos localizados territorialmente (clústeres industriales), que aglutinan proveedores (cadenas de suministro) dispersos a través del planeta para entregar productos y servicios de valor agregado al consumidor.

Es así como resulta evidente la necesidad de conjuntar estos dos enfoques desde una perspectiva red, la cual permita analizar a todos los actores involucrados para comprender su estructura como sistema. En consecuencia, se identifica la necesidad de construir un enfoque metodológico que sea capaz de adaptarse a diversos contextos para desarrollar un análisis integrado clúster industrial – cadena de suministro.



## 3 Metodología

---

### 3.1 Introducción

El clúster industrial, como parte de sus objetivos, fomenta las relaciones entre las empresas miembros, generando entonces un ambiente de cooperación y competencia. Bajo este enfoque, se conjunta el clúster industrial y la cadena de suministro para estudiar las relaciones entre estas. Para ello, se requiere de una metodología que permita establecer las relaciones entre los actores y lograr ver el comportamiento de la cadena de suministro entre empresas. En el presente capítulo, se describe a detalle los pasos de la metodología propuesta sobre redes complejas tomando como base el trabajo de Kito, Brintrup, New y Reed-Tsochas [36]. El análisis de redes ha sido tradicionalmente utilizada en el área de ciencias sociales, ya que permite visualizar relaciones entre los actores de un grupo así que, en el contexto de cadena de suministro permitirá visualizar las relaciones, no solo de una, sino entre varias cadena de suministro operando bajo el contexto de clúster industrial.

### 3.2 Redes complejas

Los sistemas complejos están presentes en muchos campos de la ciencia, cuando se hace referencia a un sistema complejo no significa que sea complicado sino que está compuesto por muchas partes, ejemplo de ello son los parques industriales [37]. En un sistema, cada una de las partes tiene una estructura interna que se encarga de llevar a cabo una función específica así que, lo que ocurra en una de las partes afecta directamente al sistema.

El estudio de redes ha sido un importante logro en contextos como en las ciencias sociales, enfocándose principalmente en las relaciones de comunicación entre los miembros, comercio entre naciones o transacciones económicas entre corporaciones, el desarrollo de las redes complejas tuvo sus inicios a principios de 1920.

Las redes complejas son parte del contexto de teoría de redes, las cuales se caracterizan por ser una red de estructura irregular, con gran complejidad y con dinámica a través del tiempo [38]. Una red compleja es representada como una gráfica, o sea, un conjunto de nodos conectados, a los nodos conectados se les llama vértices o elementos y se representan con los símbolos  $N \equiv \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$  donde  $N$  es el número total de nodos en la red [37].

La conexión entre los nodos de una red se representan como  $L \equiv \{l_1, l_2, \dots, l_K\}$  donde  $L$  es el número de enlaces o relaciones existentes en la red. Las relaciones en una red no necesariamente son recíprocas ya que, en varios casos tienen una dirección o sentido que deben tomarse en cuenta para entender el sistema, estas relaciones pueden ser dirigidas y no dirigidas (Fig. 4). En una gráfica o red no dirigida cada relación está definida por una pareja ordenada de nodos  $i$  y  $j$ , y se

dice que el enlace es incidente en los nodos  $i$  y  $j$  para unir a estos. En cambio, en una red dirigida, el orden de los nodos es importante, ya que si el enlace se denota como  $l_{ij}$  indica que la relación va del nodo  $i$  al  $j$ , y la relación de  $j$  a  $i$  es distinta ( $l_{ij} \neq l_{ji}$ ).

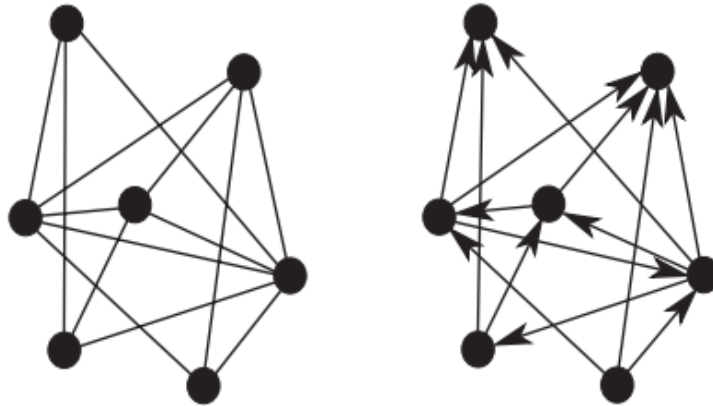


Fig. 4. Grafica no dirigida (izquierda), grafica dirigida (derecha) [38].

### 3.3 Estructura de las redes

Cuando se definen las relaciones entre los nodos, se pueden analizar las redes complejas en cuanto a su estructura y su dinámica. En el primer campo, interesa conocer determinadas propiedades estructurales (topológicas), las cuales muestran cómo se encuentran conectados los nodos unos con otros.

Para conocer la estructura de una red existen diversas medidas de centralidad como la *densidad de la red (network density)*. Esta medida muestra en escala de 0 a 1 el grado de integración o grado de conexión de la red. Entre más cercano a 1 el índice de densidad indicara que tan conectados se encuentran los actores en la red. Esta medida se define como el número de relaciones existentes en la red sobre el número total de relaciones posibles.

$$densidad = \frac{L}{N * (N - 1)}$$

Para identificar el estado en particular de un actor y su participación dentro de la red se utiliza otra medida de centralidad como lo es el *grado de centralidad del nodo (degree of centrality)* que ayuda a conocer la importancia de un actor dentro de la red, la cual está determinado por las relaciones que este tiene, entre más relaciones tenga el actor, más central será.

Al representar a una red de suministro como una red dirigida, un nodo con alto grado de centralidad puede estar actuando como coordinador de muchas empresas alineando sus metas a las de una red mayor a ellas. El grado de conectividad o centralidad [38];  $k_i$  del nodo  $i$  es el número de arcos o enlaces incidentes con el nodo, se define con la matriz de adyacencia  $D$  que es:

$$k_i = \sum_{j \in N} v_{ij}$$

El grado de los nodos tiene dos componentes: número de relaciones de salida o grado de salida del nodo el cual será llamado como centralidad de grado.

$$k_i^{out} = \sum_j v_{ij}$$

El número de relaciones entrantes o grado de prestigio, el cual se basa en el número de relaciones que llegan al nodo  $i$ :

$$k_i^{in} = \sum_j v_{ij}$$

Por tanto, el grado de centralidad será calculado como:

$$C_D = \frac{\sum_{i=1}^N (k^* - k_i)}{(N - 1) * (N - 2)}$$

Donde  $k^*$  es el máximo valor observado.

En el caso de una red dirigida, aquellos nodos con un alto grado de entrada (*in-degree*) y los que tienen alto grado de salida (*out-degree*) se consideran nodos concentradores que son cruciales en diferentes formas para asegurar que toda la red se encuentre conectada y sea funcional. Hablando en términos de la red, los nodos con alto grado de entrada (grado de prestigio) se toman como un integrador logrando así detectar los nodos que tienen una mayor interacción con sus proveedores. La escala para este índice es de 0 a 1, si el índice es cercano a 1, indica que es el nodo con más prestigio ya que tiene mayor relación con los proveedores.

Un nodo con un alto grado de salida, por el contrario, puede ser un nodo distribuidor, que ayude a proveer recursos a través de muchos actores o clientes [38]. Esta medida también va en una escala de 0 a 1, entre más cercano a 1 será un mejor distribuidor a clientes.

Una extensión del grado de centralidad es la *centralidad del eigenvector* (*eigenvector centrality*), en esta medida se no solo toma en cuenta la influencia del actor focal sino que también el número de relaciones de los demás nodos con los que está conectado. En otras palabras, un nodo será importante o central si los nodos con los que se conecta también son centrales [39]. Derivada de esta medida, se encuentra el valor de *Pagerank* comúnmente usada para conocer la importancia de un actor ya que normaliza la medida de centralidad del eigenvector dependiendo del número de vínculos que tiene cada actor.

La medida de centralidad de *Pagerank*, se centra en cómo los nodos se encuentran conectados unos con otros, considera todas las relaciones entrantes dentro del nodo y se mide como:

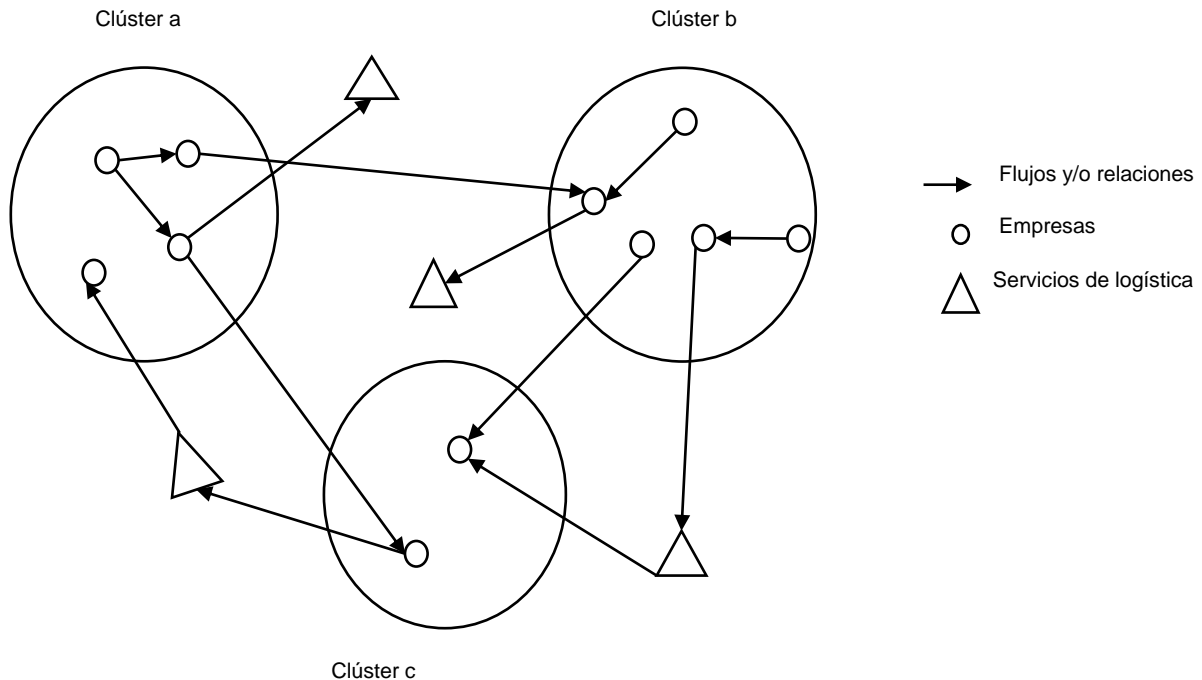
$$PR_u = \frac{1 - d}{N} + d * \sum_{v \in M_u} \frac{PR_v}{DC_v}$$

Donde  $u$  es el nodo,  $d$  es el factor  $d = 0.85$ ,  $N$  número de vértices de la red  $M_u$  de todos los nodos conectados a  $u$ , y  $DC_u$  es el grado de salida del nodo  $v$ .

### **3.4 Modelo conceptual: clúster industrial y cadena de suministro**

En el contexto de cadena de suministro, se ha visto que las empresas llegan a interactuar con otras más en la misma o diferente región. Estas interacciones entre los actores se pueden evaluar y/o estudiar dependiendo el contexto en que se esté operando. Con el enfoque propuesto de cadena de suministro, clúster industrial y el análisis de redes, se plantea un modelo para la representación de las relaciones internas y externas de las empresas (Fig. 5), conociendo así la integración de estas en el clúster, sus capacidades y hasta el alcance con otras empresas o clústeres.

Bajo el enfoque de cadenas de suministro se sabe que existen tres tipos de flujos en la cadena: i) información; ii) productos y; iii) fondos [1]. Pero además de estos flujos, el análisis de la literatura muestra que existen más relaciones entre las empresas de los cuales se tiene un interés particular en analizarlas bajo el contexto de clústeres de cadena de suministro los cuales son: i) relación cliente – proveedor (múltiple), ii) información compartida (innovación, demanda, entre otros), iii) servicios de logística compartidos, iv) capacitaciones conjuntas. En la figura se plantea el modelo conceptual sobre clúster de cadena de suministro, donde se muestra la existencia de relaciones dentro y fuera con múltiples actores.



**Fig. 5. Representación cadena de suministro y clúster. Elaboración propia.**

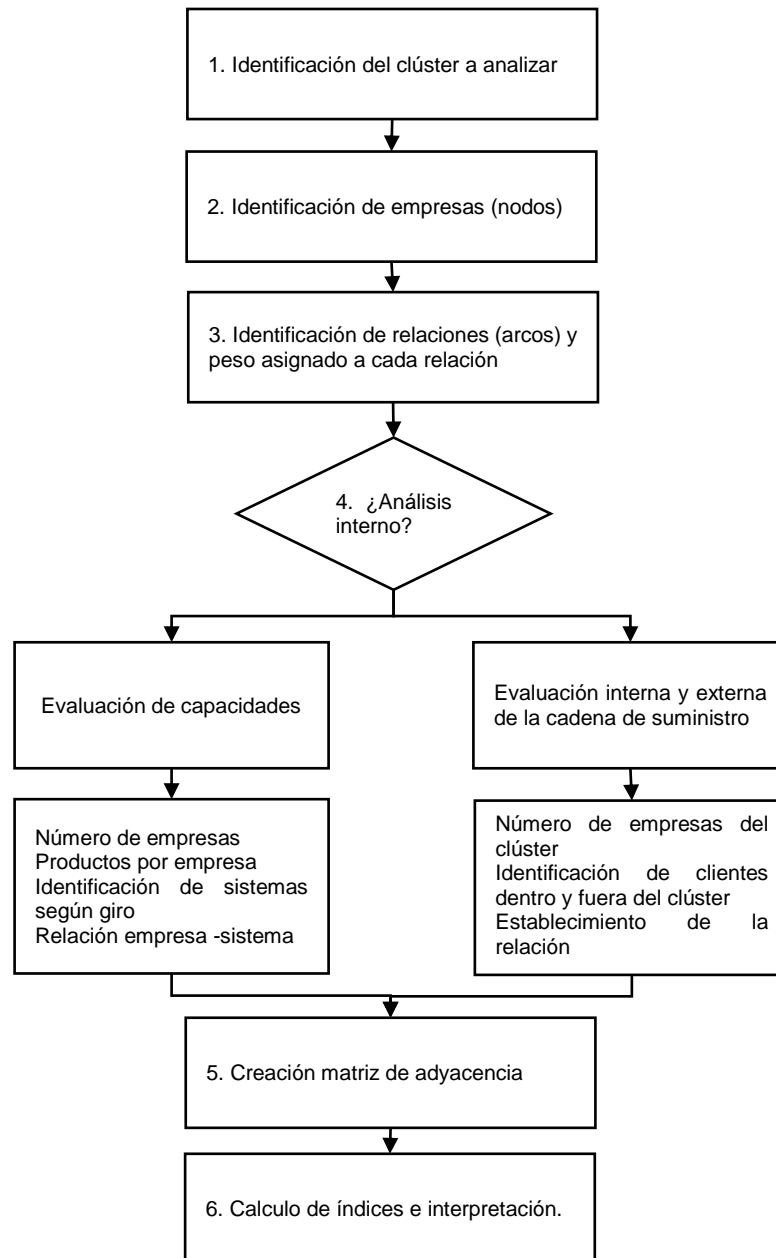
La generación de relaciones entre las empresas de clúster industriales, dependerán del tipo de empresas que lo conformen y de las capacidades que cada empresa tiene. El conocer la capacidad de las empresas y sus relaciones puede favorecer a la toma de decisión para el establecimiento de una nueva empresa dentro de una región.

Para analizar las capacidades del clúster, en términos de la redes complejas, las empresas actuarán como los nodos, y los arcos será la existencia de las relaciones entre ellas. Estos actores tendrán un valor dependiendo del número de relaciones que se tengan. Las relaciones que se establecen son:

- Cliente – proveedor (envío y recibo de mercancías);
- Número de productos (variedad) que se envía al cliente;
- Uso de servicios de logística;
- Compartir información.

Al integrar las empresas y sus relaciones con el enfoque de redes complejas, se podrá estudiar su estructura y propiedades de las redes como un solo sistema, a su vez, se logrará identificar la participación de las empresas en el clúster y el papel que desempeñan dentro de la red. Para evaluar la estructura de clúster y cadena de suministro se muestra el procedimiento para su evaluación en 7 etapas (Fig. 6). La primera etapa consiste en la identificación del clúster industrial que se interesa evaluar, en la etapa 2, se identifican las empresas miembros del clúster y productos que fabrican. En la etapa 3, se establece la relación que será analizada y se identifican los vínculos entre las empresas del clúster. En la etapa 4, se puede

decidir, en base a los datos que se tengan, qué análisis se busca realizar, ya sea un análisis o evaluación de capacidades del clúster (no se conocen las relaciones entre empresas), o una evaluación interna y externa de la cadena de suministro de las empresas del clúster (se conocen las relaciones entre empresas o cliente-proveedor). Con la información anterior, se crea una matriz de adyacencia (etapa 5), se calculan los índices y se interpretan (etapa 6).



**Fig. 6. Análisis del clúster de cadena de suministro. Elaboración propia.**

## 3.5 Conclusiones

En este capítulo, se presentó la metodología propuesta para concretar un modelo que permita el análisis de las interacciones de cadenas de suministro en el clúster industrial con el fin de conocer sus relaciones, su estructura y su integración. Como se ha estudiado, las cadenas de suministro son redes en las que actúan diferentes actores que se cruzan con otros más, por otro lado, se tiene que en un determinado sistema los miembros o actores se pueden representar de una forma abstracta como nodos y arcos (relaciones) que ayudan a representar su comportamiento, y que al ser representadas de esta forma se puede estudiar su estructura y características. El análisis de la bibliografía sobre clúster, cadena de suministro y sistema de redes, convergen dentro de estos tres enfoques, logrando así representar el clúster de cadena de suministro como una red compleja en donde los actores (empresas) estarán relacionados unos con otros, teniendo entonces la posibilidad de poder estudiar las cadenas de suministro como un solo sistema.

## **4      Análisis y resultados**

---

### **4.1   Introducción**

En el presente capítulo se presenta el del modelo propuesto para el análisis de las cadenas de suministro en clústeres industriales aplicado a clústeres industriales del sector automotriz en México. En una primera etapa, se presenta la industria automotriz y los datos que se utilizaron para la construcción de la red, para identificar las capacidades de cada clúster. Como segunda etapa, se realiza el análisis interno de las cadenas de suministro en el clúster para conocer la integración de sus empresas.

### **4.2   Caso de estudio: Clúster industrial México**

El clúster, desde el punto de vista de localización, permite la creación y desarrollo de ventajas competitivas. En México organizaciones como la Secretaria de Economía (SE), ProMéxico e INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) conjuntan esfuerzos al generar información sobre la localización de empresas, actividades económicas y, en algunas ocasiones, la variedad de productos que fabrican, especialmente de sectores estratégicos como lo son el sector manufacturo.

Dentro del sector manufacturero en México, se encuentran industrias como: alimentaria, textil, madera, papel, fabricación de equipos de transporte, ente otros. Dentro de la fabricación de equipo de transporte se encuentra la industria automotriz la cual, ocupa el segundo lugar de importancia en México en cuanto al nivel de contribución del PIB (producto interno bruto) con un 3.0% según datos del censo económico 2014 de INEGI [40]. La industria automotriz en México se compone de las siguientes categorías: fabricación de automóviles y camiones; fabricación de carrocerías y remolques; fabricación de partes para vehículos automotores; y fabricación de otro equipo de transporte.

Debido a su importancia y dinamismo de la industria automotriz en los mercados por los tratados de libre comercio, empresas nacionales e internacionales buscan integrarse en regiones que les permita adquirir ventajas competitivas pero, para que esto suceda, es importante generar una herramienta que permita conocer la dinámica de las regiones. INEGI, considera que a la especialización de una industria en una región se le denomina clúster, por otro lado, Porter argumenta que el clúster es una agrupación de empresas en un área geográfica [41].

El dinamismo en México de la industria automotriz ha generado el establecimiento de clústeres en diferentes estados, e INEGI, por otra parte, determina el nivel de especialización de la industria. Para la evaluación del clúster de cadena de suministro, se toman como estados de la republica de interés a Chihuahua, Coahuila, San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato, Estado de México y Nuevo León, debido a su nivel de producción según el censo económico de INEGI en 2014y a la existencia de una asociación denominada clúster.



INEGI, SE, ProMéxico [40], [42], [43] han investigado la capacidad de las empresas de primer nivel (Tier 1) de estos clúster, brindando información sobre: nombre empresa, productos manufacturados, producción total, y sistemas de producción que conforman al sector (Fig. 7).

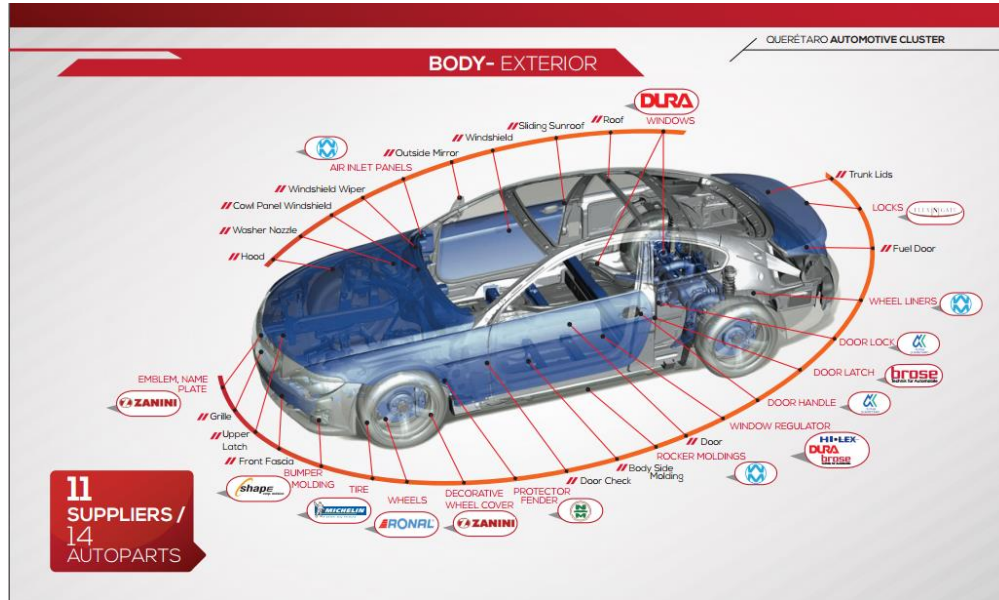


Fig. 7. Ejemplo de sistema de partes exteriores, con empresas y producto [43].

Los sistemas de producción Identificados por INEGI en México que conforman la industria automotriz son:

- Estructura
- Ingeniería y desarrollo
- Partes exteriores del carro
- Seguridad y confort interior
- Sistema de seguridad y confort
- Sistema de aire
- Sistema de combustible
- Sistema de dirección
- Sistema de frenos
- Sistema de motor
- Sistema de suspensión
- Sistema de transmisión
- Sistema eléctrico

Al integrar la información sobre los clúster en México, las empresas de primer nivel (Tier1), los productos que fabrican y la pertenencia de estos a los sistemas, se creó una red para cada uno de los clúster automotrices en México con el fin de conocer la especialización del clúster y las empresas que más participan en cuanto al número de componentes en cada sistema.

Al identificar las empresas y sistemas de cada clúster, estos se establecen como nodos en la red. Para el establecimiento de las relaciones (arcos), se utiliza la información sobre los productos de las empresas, clasificándolas según corresponda a cada sistema. Con esta red de empresas y sistemas se busca determinar la especialización del clúster y la identificación de oportunidades de nuevos clientes o para el desarrollo proveedores.

Integrando la información sobre empresas, sistemas y productos, se construye una matriz de relaciones para cada estado. A esta matriz de relaciones se le llama matriz de adyacencia, la cual es una matriz cuadrada de  $n$  nodos (empresas y sistemas). Para asignar un valor o peso a la relación entre las empresas y los sistemas, se optó por asignarle el valor de número de piezas que la empresa  $i$  le asigna al sistema  $j$  (anexo: i) matriz de adyacencia). Para representar la matriz en forma de gráfica, se utilizó el software Socnetv, el cual es una plataforma de uso libre que permite la manipulación de gráficas y el cálculo de índices para evaluar la estructura de una red.

Al hacer la representación de cada uno del clúster con sus respectivos sistemas y empresas se obtienen distintas redes, cada una conformada solo con las empresas de primer nivel ubicadas las cuales, en su mayoría son empresas internacionales, la representación se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Red de capacidades por estados.

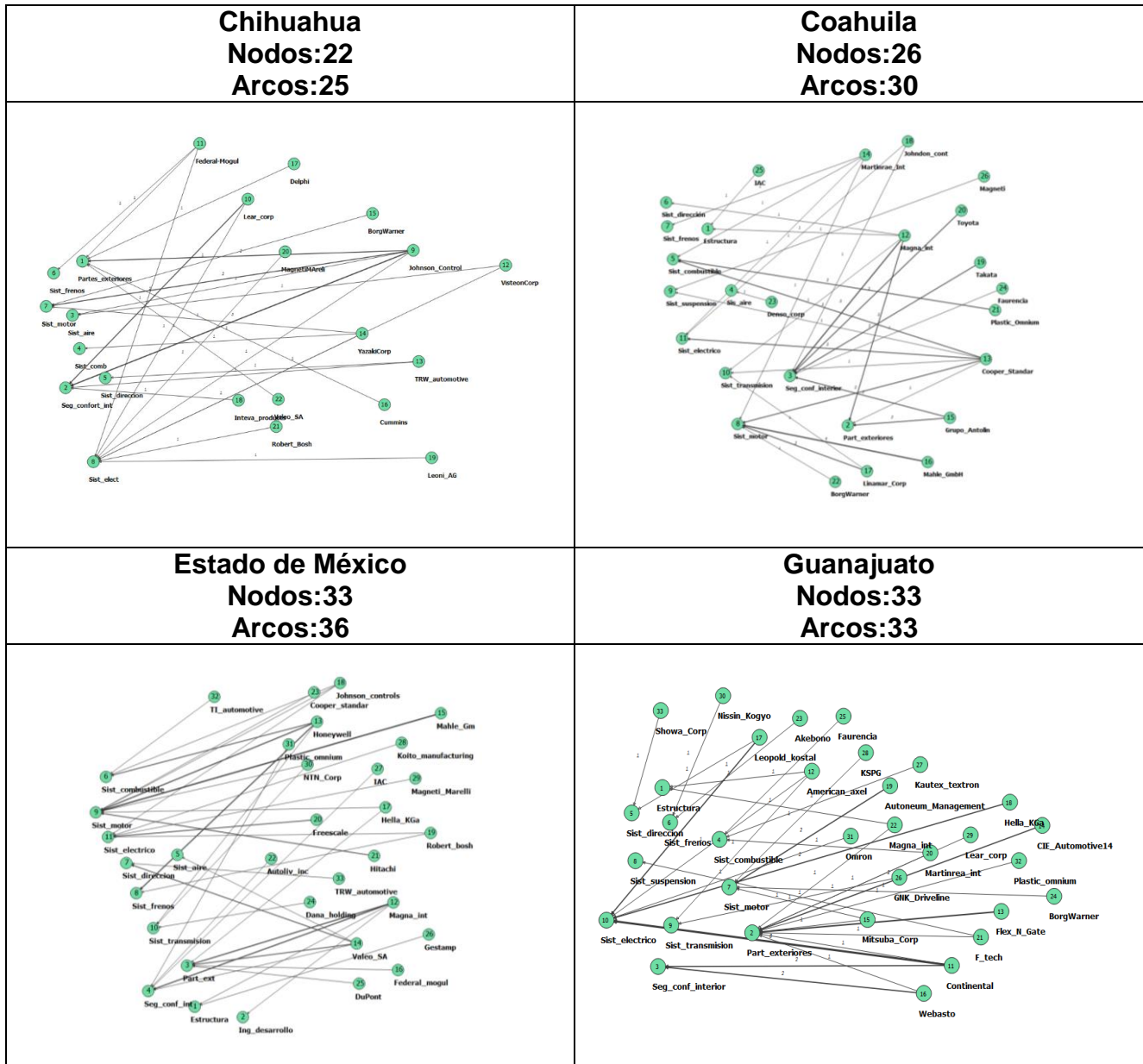
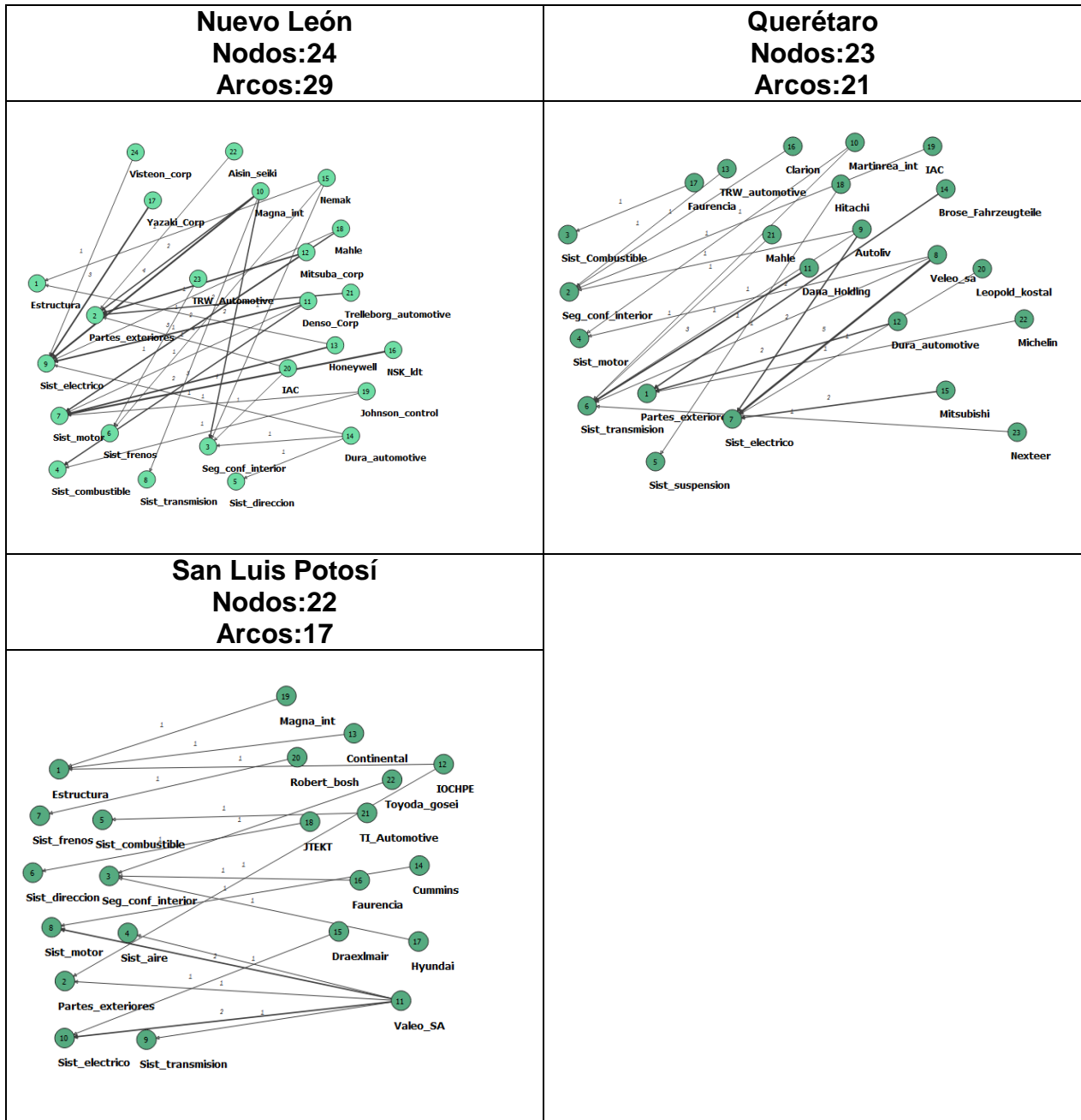


Tabla 2. Red de capacidades estados (continuación).



Analizando las redes para conocer las empresas con mayor participación se calculó el grado de centralidad para cada empresa en los clúster (Tabla 3). El grado de centralidad indica a las empresas que tienen un mayor grado de salida, es decir quienes tiene mayor variedad de productos y que van a diversos sistemas automotrices.

La empresa Magna International está presente en los estados de México, Coahuila y Nuevo León, siendo centrales en cada clúster debido al su mayor participación en cuanto a variedad de productos en los sistemas del sector, los cuales son fabricación de partes exteriores, sistemas electrónicos y partes interiores del automotriz.

Otra empresa central es Valeo S.A. la cual se encuentra en los estados de México, Querétaro y San Luis Potosí, la cual se dedica principalmente a la fabricación de sensores, cerraduras, faros, trenes motrices, entre otros.

**Tabla 3. Grado centralidad de clúster en base a empresas Tier 1.**

Estado	Empresa	Centralidad del nodo
Chihuahua	Johnson Control	0.30
	Lear Corporation	0.10
Coahuila	Cooper standard	0.20
	Magna International	0.17
Estado de México	Honeywell	0.18
	Magna International	0.15
	Valeo S. A.	0.11
Guanajuato	Continental	0.22
	American Axle	0.06
	Manufacturing	
Nuevo León	Magna International	0.19
	Denso Corporation	0.13
San Luis Potosí	Valeo S.A.	0.34
	Maxion Wheels de Mexico-	0.11
	IOCHPE	
Querétaro	Valeo S. A.	0.23
	Autoliv	0.13
	Dana Holding Corporation	0.10

Como parte del modelo, se plantea conocer los sistemas con los que las empresas tienen una mayor relación, para ello se utilizó el grado de entrada y pagerank. El grado de entrada o grado de prestigio es utilizado para conocer a los sistemas más centrales, está en una escala de 0 a 1 entre más cercano a 1 mayor central el sistema o mayor variedad de productos reciben de las empresas. En la Tabla 4, se muestra cada estado con sus principales sistemas de los cuales: la fabricación de

partes exteriores, seguridad y confort interior son los sistemas con más alto grado de entrada (mayor número de proveedores disponibles) dentro de los siete estados.

El sistema de fabricación de motores es de los más importantes en el estado de Coahuila, México, Guanajuato, Nuevo León, Querétaro y San Luis Potosí.

En el sistema de fabricación eléctrico se encuentra como central e importante en los estados de Chihuahua, México, Guanajuato, Nuevo León, Querétaro y San Luis Potosí ya que están establecidas empresas que fabrican piezas que van directamente a estos sistemas.

El análisis de las capacidades en los clústeres del sector automotriz de Chihuahua, Coahuila, Estado de México, Guanajuato, Nuevo León, Querétaro y San Luis Potosí se inclinan a la fabricación de partes exteriores, seguridad, sistema eléctrico y partes de motor, esto en términos de las capacidades de las empresas de primer nivel ubicadas en los estados en base a la información tomada de INEGI y ProMéxico [40], [42], .

**Tabla 4. Sistemas centrales por estado en base a capacidades de las empresas**

Estado	Sistema	Grado de prestigio		Pagerank Pg
		in		
Chihuahua	Eléctrico	8	0.267	0.035
	Partes exteriores	6	0.20	0.027
	Seguridad y confort interior	7	0.233	0.02
Coahuila	Seguridad y confort interior	11	0.244	0.026
	Motor	10	0.222	0.02
	Combustible	5	0.111	0.013
	Partes exteriores	5	0.111	0.01
Estado de México	Partes exteriores	8	0.151	0.016
	Seguridad y confort interior	7	0.132	0.018
	Motor	14	0.264	0.022
	Eléctrico	6	0.113	0.019
Guanajuato	Partes exteriores	13	0.271	0.031
	Motor	5	0.104	0.018
	Combustible	3	0.063	0.014
	Eléctrico	14	0.292	0.017
Nuevo León	Eléctrico	13	0.271	0.024
	Motor	12	0.25	0.024
	Partes exteriores	9	0.188	0.024
Querétaro	Partes exteriores	5	0.161	0.023
	Seguridad y confort interior	4	0.129	0.025
	Motor	2	0.065	0.011
	Transmisión	8	0.258	0.03
	Eléctrico	10	0.323	0.021
San Luis Potosí	Estructura	3	0.158	0.021
	Partes exteriores	2	0.105	0.011
	Seguridad y confort interior	3	0.158	0.024
	Motor	3	0.158	0.014

En la tabla 5 se encuentra la representación de las empresas y sistemas en forma de red, analizando el grado de centralidad para ubicar a las empresas centrales y el índice de pagerank para ubicar a los principales sistemas.

Tabla 5. Centralidad de empresas y sistemas, elaboración propia.

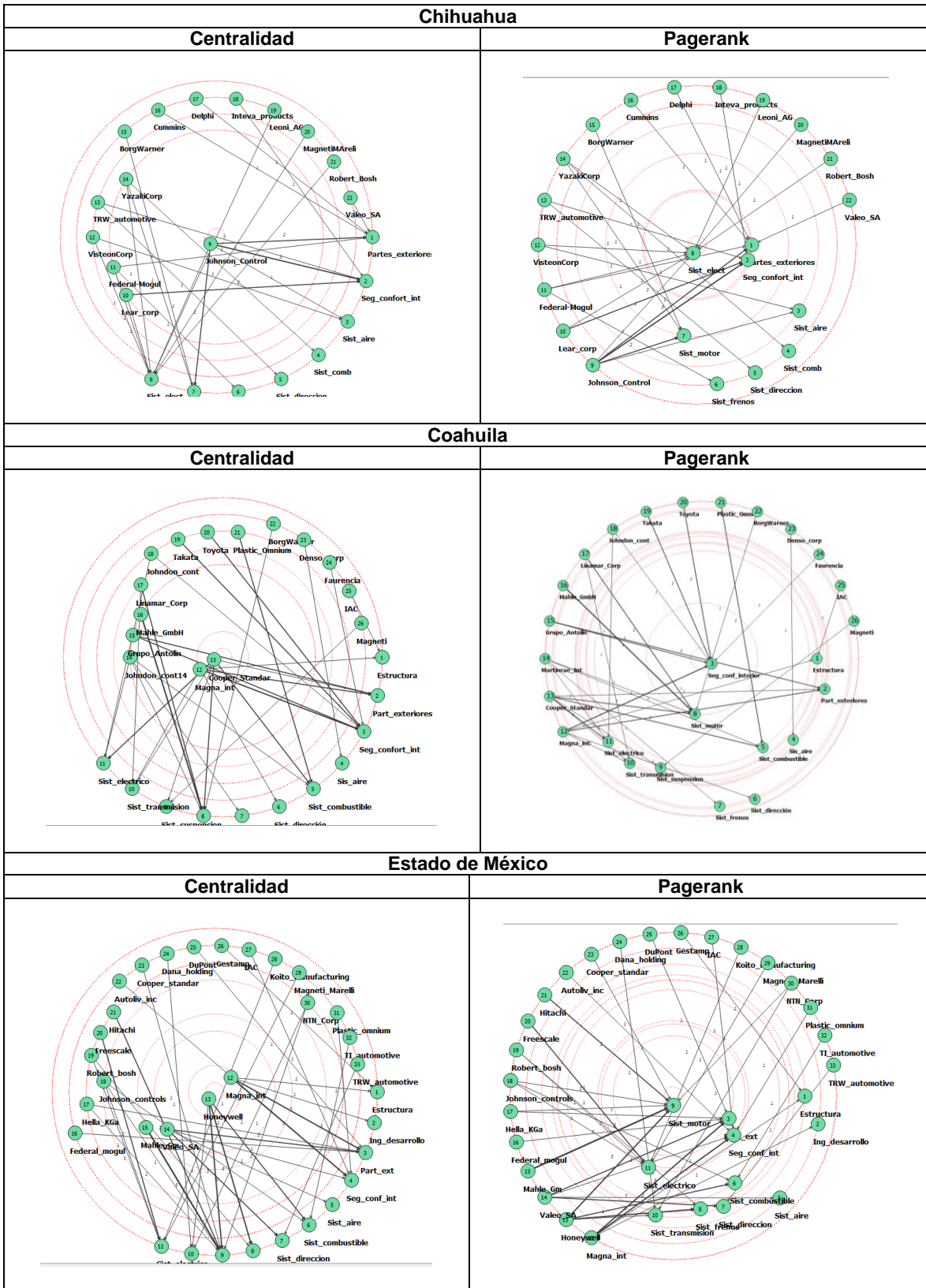




Tabla 3. Centralidad de empresas y sistemas, elaboración propia (Continuación).

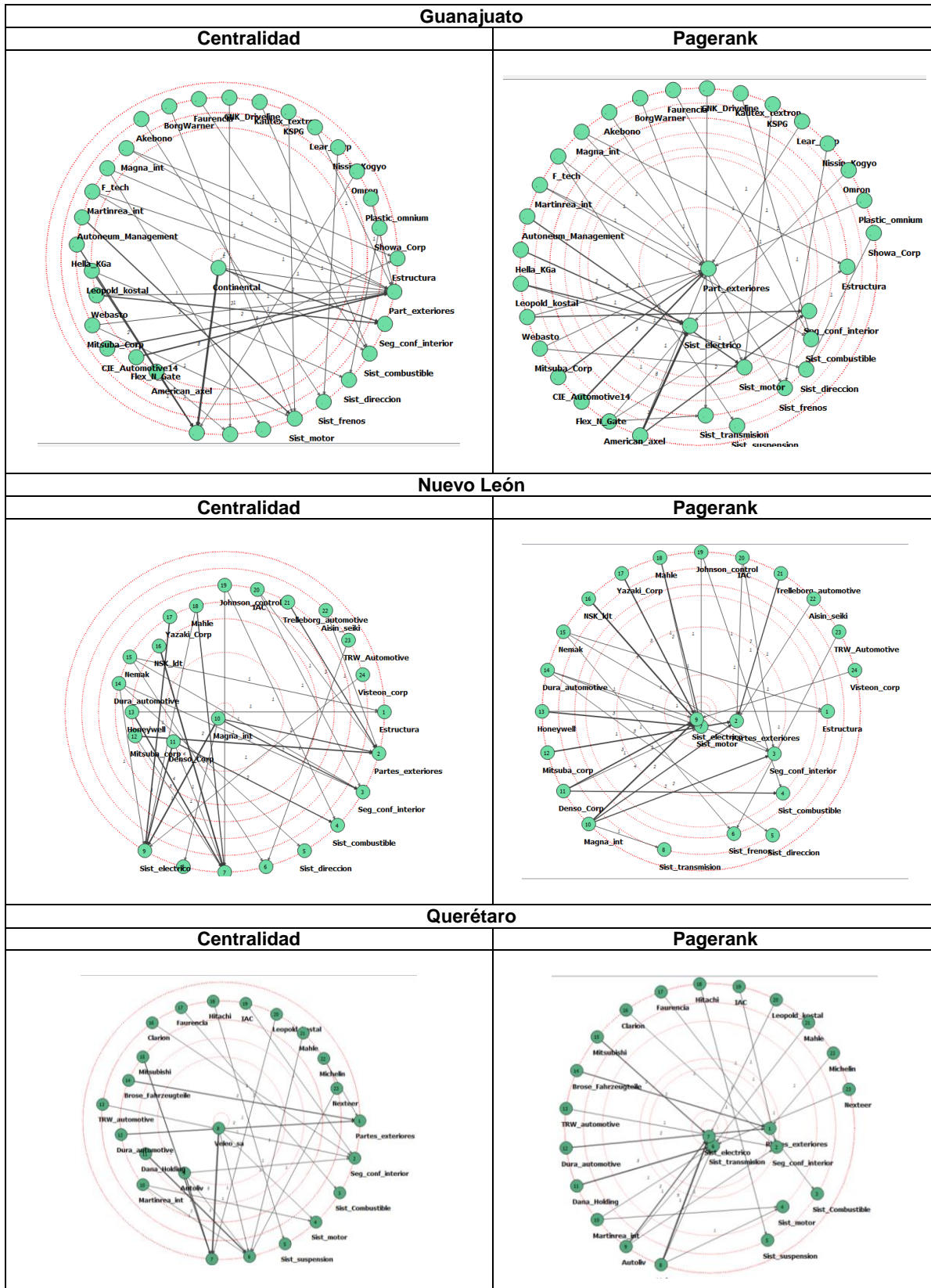
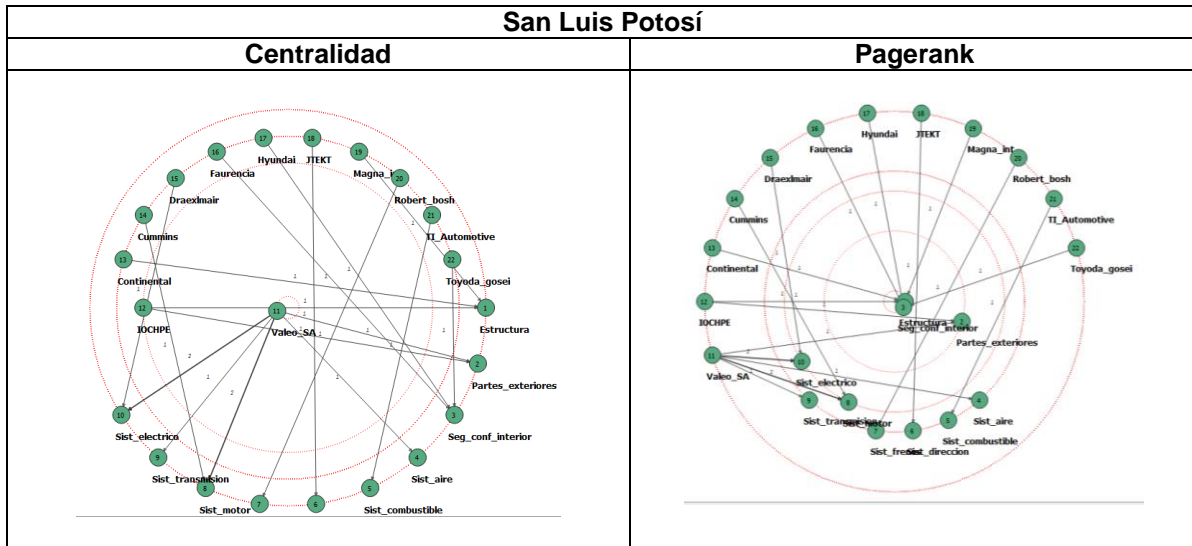


Tabla 3. Centralidad de empresas y sistemas, elaboración propia (Continuación).



### 4.3 Integración de los clúster industriales en México

Una vez identificadas las capacidades de cada uno de los clústeres, se considera de gran valor determinar las relaciones entre las empresas de todos los niveles pertenecientes a estos clúster. Es por ello, que en una segunda etapa del modelo de clúster y cadena de suministro, se enfoca en determinar las relaciones entre las empresas del clúster.

Para este modelo, se determina como variable de interés la relación *cliente – proveedor* (envío y recibo de mercancías) con el fin de conocer las interacciones entre los miembros locales y sobre todo la relación con cadenas de suministro de otros clúster.

Este modelo, utilizó datos de cartas porte proveniente del proyecto “Análisis estadístico de cartas de porte del autotransporte federal de carga” con datos del periodo 2013 – 2015, el cual se desarrolla por el Instituto Mexicano de Transporte (IMT).

Las cartas porte son un documento utilizado para declarar las mercancías transportadas de un punto a otro cuando se utiliza el transporte de carga carretero. Estas cuentan con información específica como: Nombre empresa origen, empresa destino, empresa de transporte, producto movido, toneladas movidas, monto a pagar, lugar de origen, lugar de destino, entre otros. De la gran variedad de datos, únicamente de utilizó:

- Nombre empresa origen
- Nombre empresa destino
- Lugar origen
- Lugar destino
- Producto

Para el desarrollo del modelo de interacción dentro del clúster se considera como periodo de estudio los datos de los años 2013 a 2015. Como ya se tenían establecidos los clúster a evaluar, se conjuntaron los datos de cartas porte de los estados de Chihuahua, Coahuila, Estado de México, Guanajuato, Nuevo León, Querétaro y San Luis Potosí. La selección de los datos de origen y destino, se llevó a cabo para cada clúster, teniendo entonces un total de siete bases de datos, que consecuentemente se analizaron para construir la matriz de adyacencia para cada clúster.

La matriz de adyacencia para cada clúster, consiste en establecer las relaciones entre las empresas, para la cual se utiliza una notación binaria de 0 o 1, 0 sino existe relación entre la empresa  $i$  a la empresa  $j$  y 1 si la relación existe (*cliente – proveedor*). Por tanto, la matriz de adyacencia para este modelo estará compuesta de las  $n$  empresas del clúster y con los relaciones 0 o 1.

A continuación se procede a presentar el análisis de las cadenas de suministro para cada uno de los clúster industriales del sector automotriz.

### 4.3.1 Chihuahua

De los datos analizados de cartas porte, para el estado de Chihuahua se tuvo un total de 1140 registros, de los cuales, al establecer los orígenes y destinos se obtuvieron 50 empresas establecidas en Chihuahua de un total de 105. Las empresas del estado de Chihuahua envían y reciben productos de los estados de Sinaloa, Durango, Sonora, Baja California, Jalisco, San Luis Potosí, Estado de México, Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, Chiapas, Coahuila, Nuevo León Tamaulipas, y con Texas en Estados Unidos de América (Fig. 8. Red de suministro automotriz Chihuahua.Fig. 8).

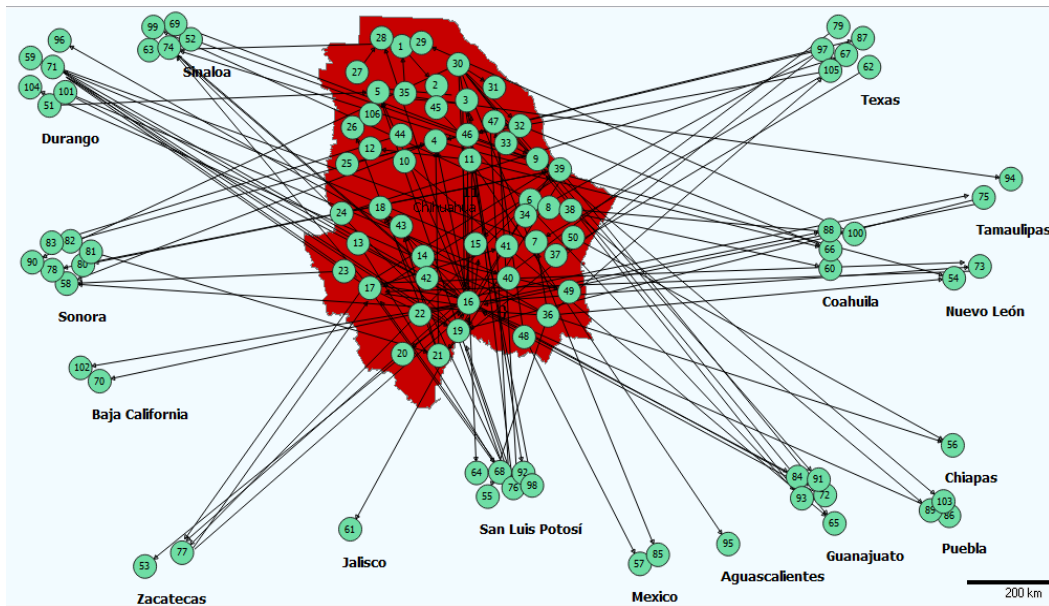


Fig. 8. Red de suministro automotriz Chihuahua.

El estado de Chihuahua se relaciona con varios estados, e igualmente dentro de Chihuahua las empresas interactúan entre ellas, el grado de densidad para esta red es de 0.012, en una escala de 0 a 1, lo que se interpreta como una densidad baja de conexión entre las empresas. Analizando la red, se tiene que las empresas con un mayor grado de salida son los nodos 16, 17, 30 con valores de 0.183, 0.087, 0.087, respectivamente. Estas empresas más centrales de la red (Fig. 9) actúan como principales distribuidores ya que tienen un mayor número de salidas (clientes). Por confidencialidad de los datos, se omite el nombre de las empresas, sin embargo, los productos que se transportan desde estos nodos centrales son:

- Arnéses automotrices
- Componentes interiores electrónicos
- Asientos y vestiduras

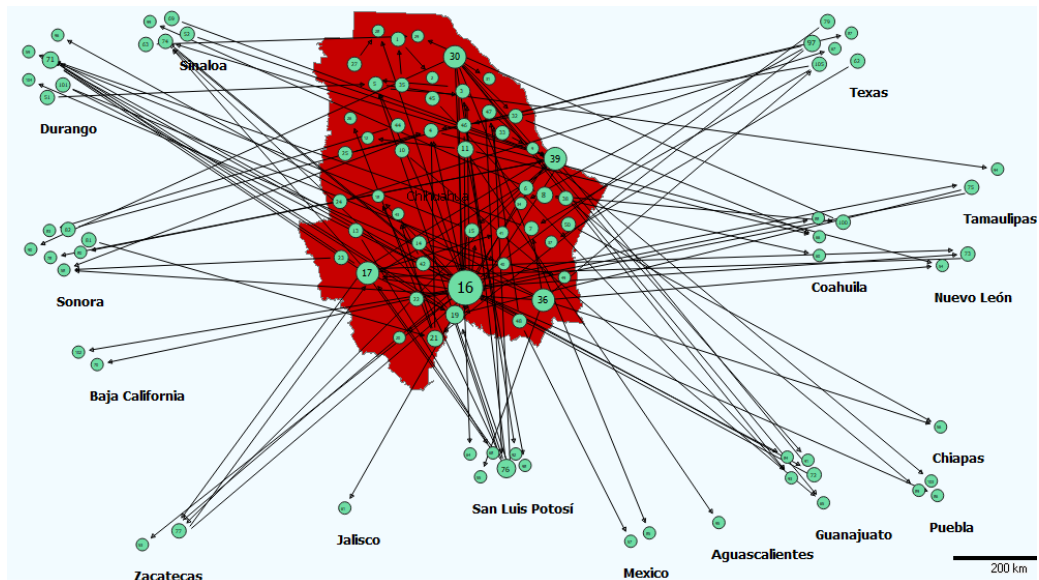


Fig. 9. Grado de centralidad cadena automotriz Chihuahua.

Analizando la estructura de la red, se busca determinar los nodos con mayor prestigio, lo cual se traduce a aquellas empresas que funcionan como integradores, es decir, aquellos que tienen un mayor número de proveedores. En el caso de Chihuahua, los nodos 16, 19 y 17, son nodos con un mayor número de entrada (Fig. 10). Estas empresas reciben principalmente componentes eléctricos, arneses y tableros, cuyos estados donde provienen estos son Durango, Guanajuato, Nuevo León, Sinaloa, Tamaulipas, Texas, Zacatecas. Estos nodos, también reciben mercancía de empresas del estado de Chihuahua.

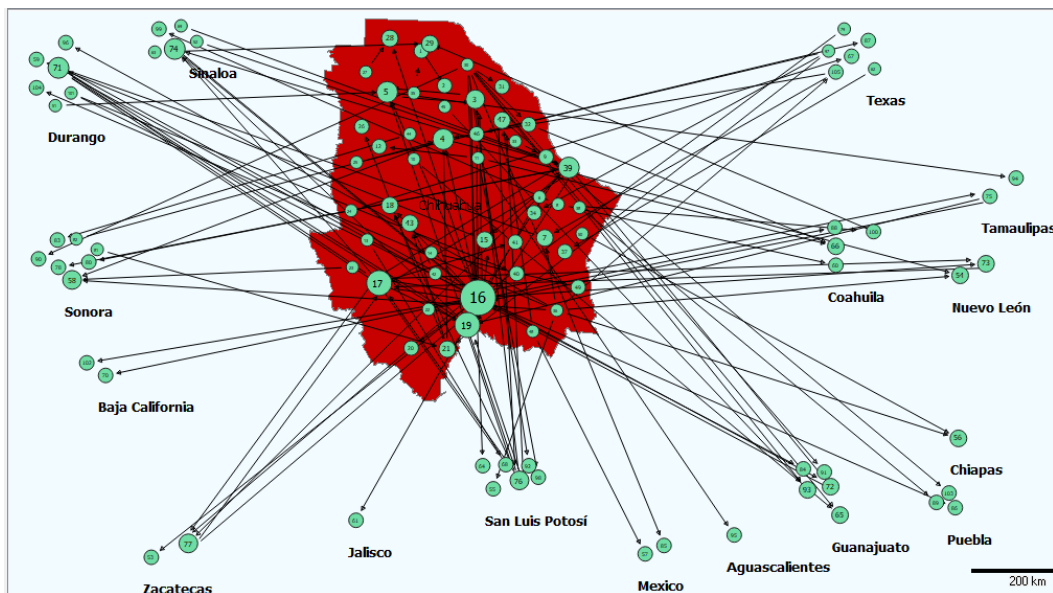


Fig. 10. Grado de prestigio cadena automotriz Chihuahua.

Otra medida de centralidad, o de posicionamiento de los actores dentro de la red es el índice de Pagerank, cuyo resultado para este caso, coincide con el grado de prestigio, teniendo que los nodos 16, 17 y 19 son los que tienen un mejor posicionamiento en la red gracias a que están bien conectados entre ellos y con los nodos con los que tienen relación (Fig. 11).

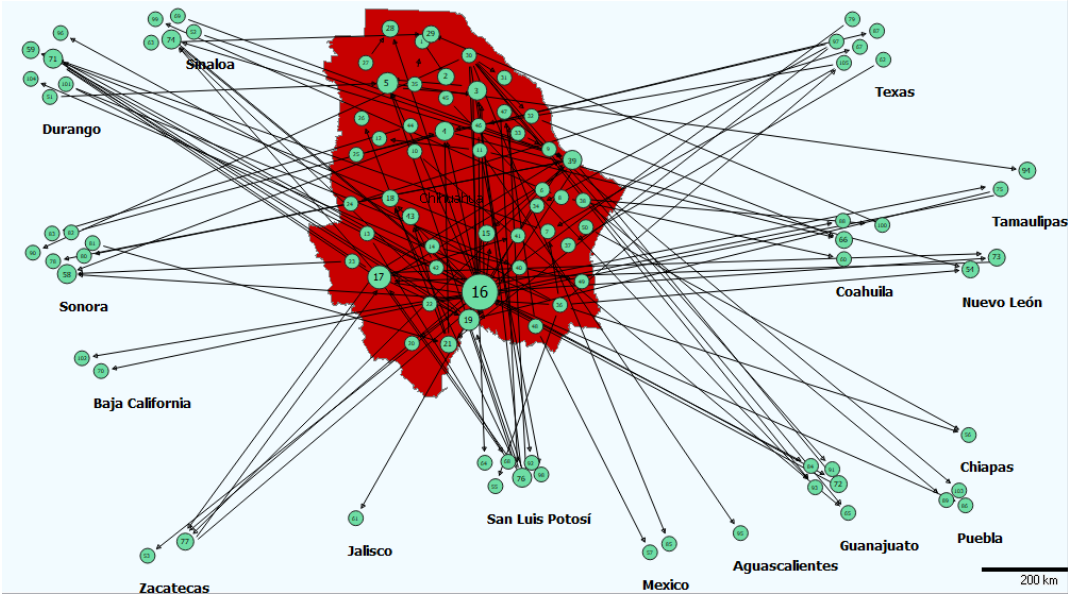
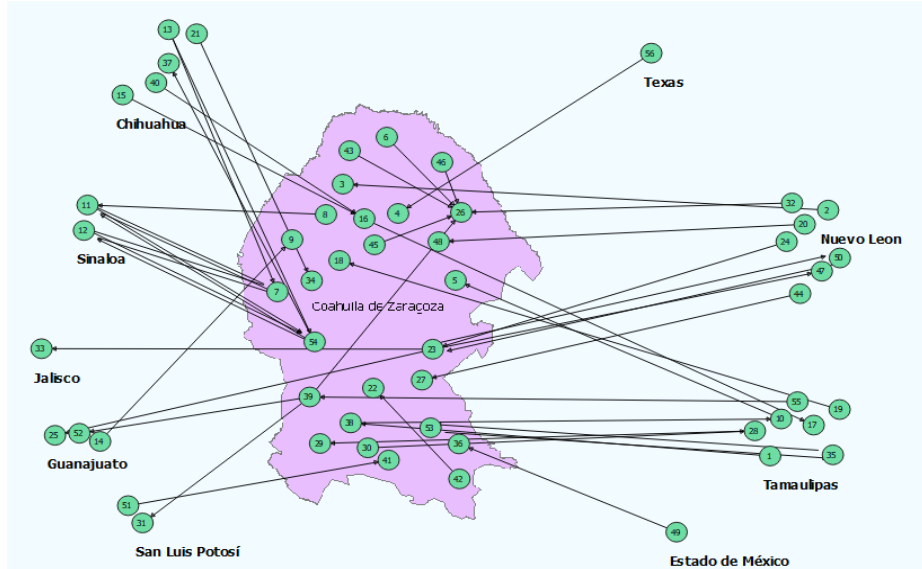


Fig. 11. Importancia de proveedores en la red (Pagerank).

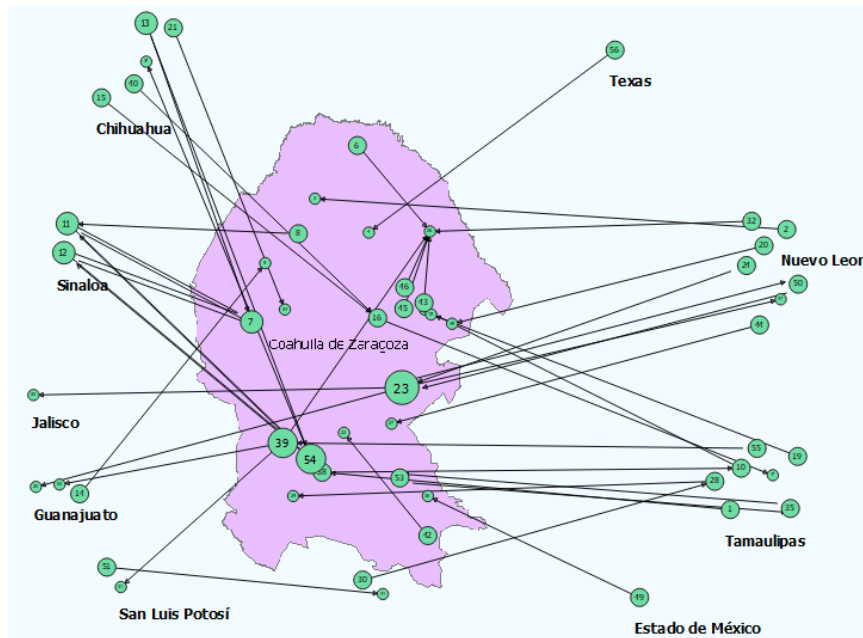
### 4.3.2 Coahuila

Según INEGI en el censo económico 2014, el estado de Coahuila es uno de los principales productores de automóviles, camiones, partes para vehículos automotores, motores de combustión interna, turbinas y transmisiones. Para esta red, hay 56 nodos involucrados, con una conectividad de 0.015. El estado de Coahuila mantiene relación con Chihuahua, Sinaloa, Jalisco, Guanajuato, San Luis Potosí, Estado de México, Tamaulipas, Nuevo León y Texas (Fig. 12).



**Fig. 12. Red automotriz Coahuila.**

La centralidad del nodo es importante debido a que permite identificar las principales empresas distribuidoras, al igual que los principales flujos de salida del clúster, en este caso, los nodos 23, 54 y 39 son los que muestran un mayor grado de centralidad, los cuales envían partes automotrices, arneses y baterías a Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León, san Luis Potosí y Sinaloa (Fig. 13).



**Fig. 13. Centralidad del estado de Coahuila.**

El siguiente paso de la metodología, una vez que se ubicadas los principales distribuidores, se prosigue a ubicar los nodos integradores, es decir, aquellos que reciben o tienen un mayor número de proveedores. Con los datos analizados, se

identifica que nodo con mayor grado de prestigio es el nodo 11 ubicado en Sinaloa. Este nodo recibe principalmente arneses y componentes automotrices desde Coahuila. Otro hallazgo, es el nodo 54 y 26 en Coahuila, que son los principales nodos integradores o quienes están conectados con más proveedores, los cuales reciben principalmente componentes electrónicos, arneses y autopartes.

Para conocer los principales proveedores dentro de la red, el índice de pagerank muestra que los nodos 35, 7 y 11 como aquellos que están mejor conectados dentro con otros más (Fig. 14).

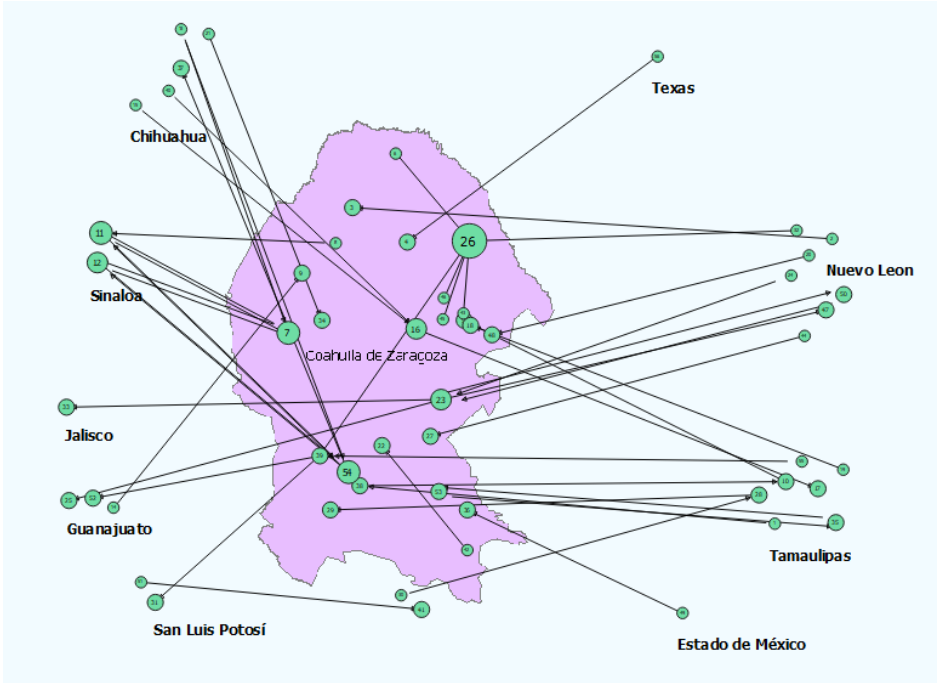
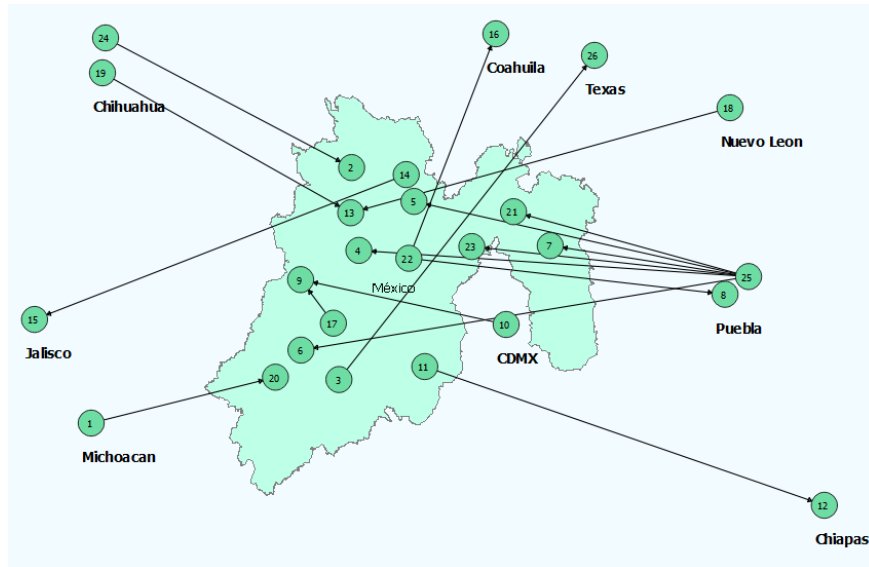


Fig. 14. Principales nodos según su conectividad en la red (pagerank).

### 4.3.3 Estado de México

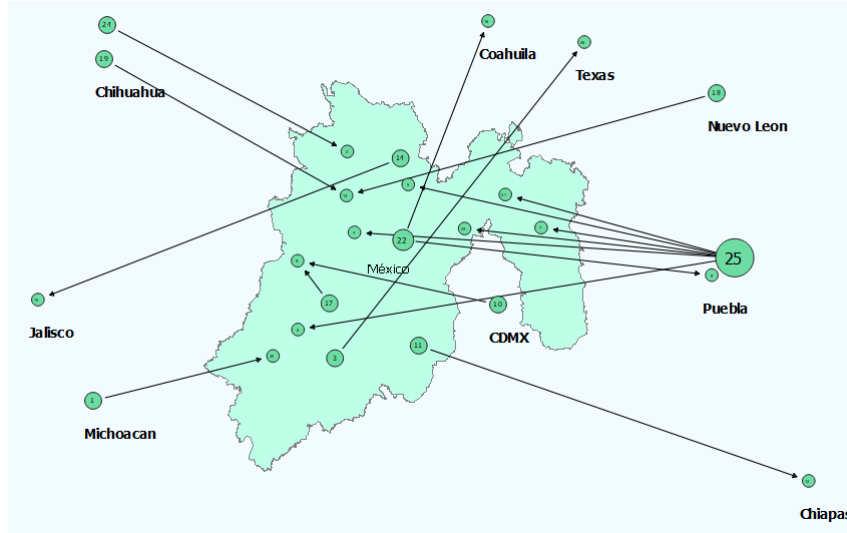
La red del Estado de México se encuentra constituida por 26 nodos, de los cuales 15 están ubicadas del Estado de México, las cuales tienen relación con los estados de Jalisco, Michoacán, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Puebla Ciudad de México, Chiapas y Texas en estados unidos. La densidad de esta red es de 0.026, la cual en un intervalo de 0 a 1, significa que la conectividad de la red es débil, ya que no se encuentran todos los nodos conectados entre sí.





**Fig. 15.Red del Estado de México.**

Analizando la red, el nodo 25, ubicado en Puebla, es el más central, ya que este provee de productos (automóviles) a la mayoría de los nodos en la red del Estado de México (Fig. 16). El segundo nodo más central es el nodo 22 ubicado en el Estado de México, el cual tiene como principales destinos Puebla y Coahuila a los cuales provee partes y componentes automotrices.



**Fig. 16. Centralidad del Estado de México.**

Los nodos con mayor prestigio, debido a que presentan una mayor cantidad de proveedores son los nodos 9 y 13, ubicados en el Estado de México, de los cuales, el nodo 9 recibe productos como automóviles y asientos, y el nodo 13, asientos, partes de motor y autopartes (Fig. 17).

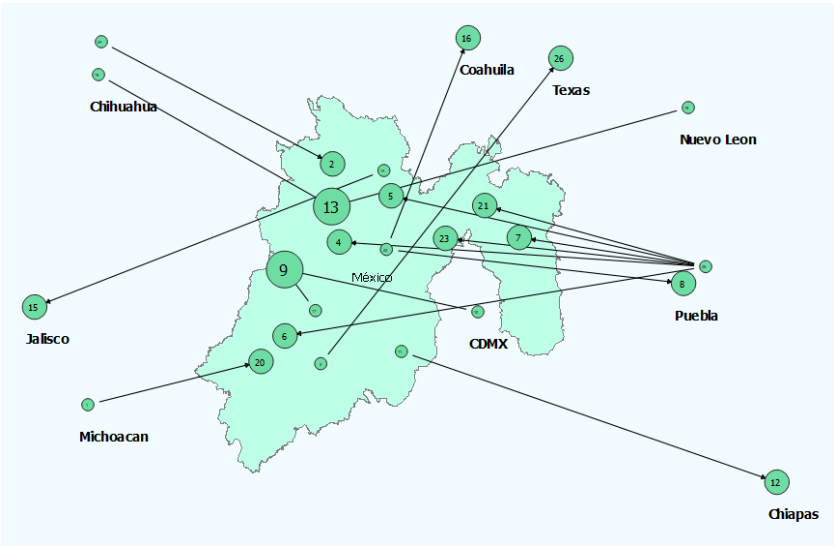


Fig. 17. Grado de Prestigio Estado de México.

El índice de pagerank, para este caso, sostiene que las principales empresas proveedoras son los nodos 9 y 13 las cuales tienen una mejor conexión con los demás nodos en la red (Fig. 18).

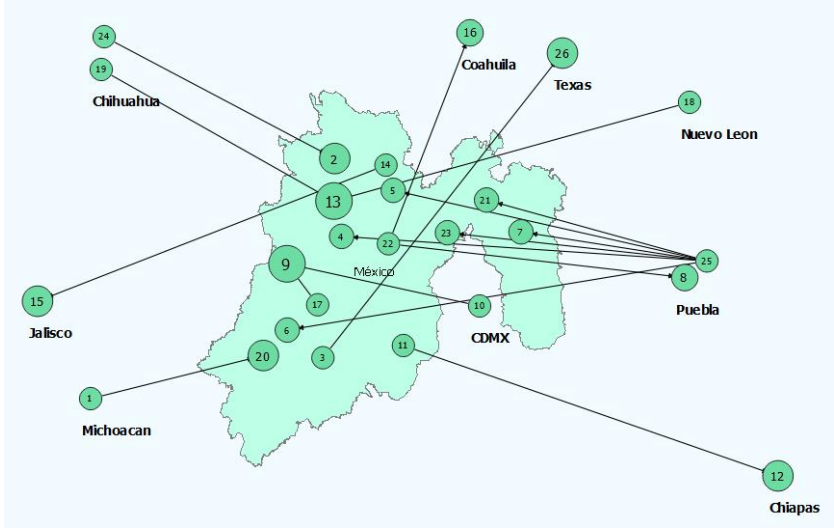


Fig. 18. Pagerank Estado de México.

### 4.3.4 Guanajuato

El estado de Guanajuato quedó integrado por 37 nodos, de los cuales 18 son empresas establecidas en el estado de Guanajuato. Como se muestra en el mapa (Fig. 19) no se ve que exista alguna relación interna entre estas empresas, sin embargo, hacia fuera, tiene relación con estados de Chihuahua, Colima, Coahuila, San Luis Potosí, Tamaulipas, Puebla y Texas en Estados Unidos. El grado de conectividad de esta red es de 0.019, este índice va del 0 a 1, indicando el grado de conectividad, por lo cual refleja una densidad baja, lo cual se debe a que las relaciones entre las empresas de esta red son escasas, ya que las empresas solo interactúan con algunos miembros específicos, ejemplo de ello es el nodo 3 con el nodo 36, o el nodo 22 con el 30.

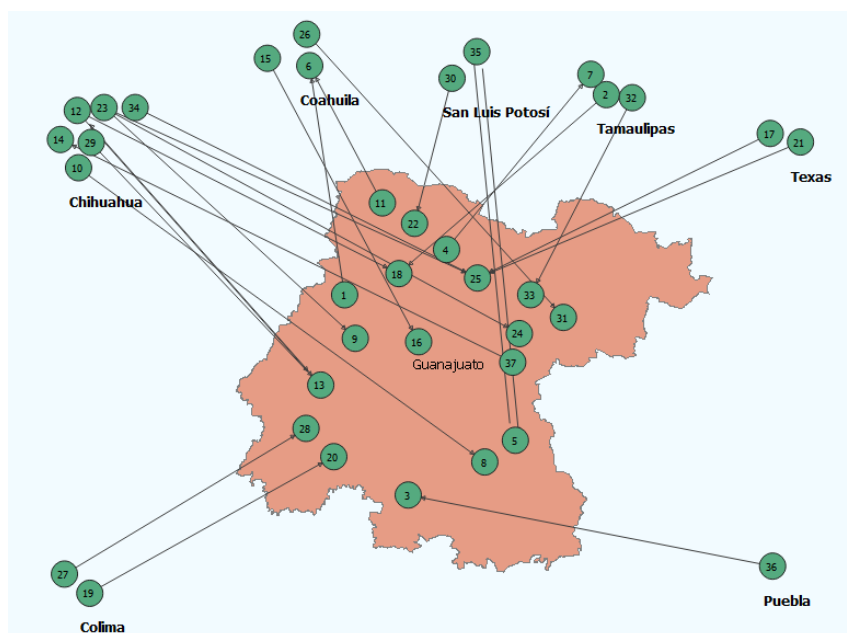
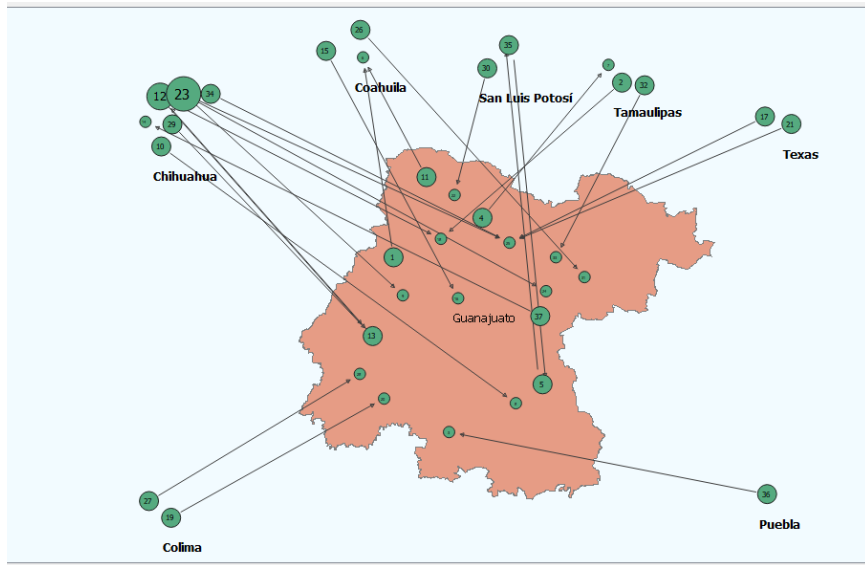


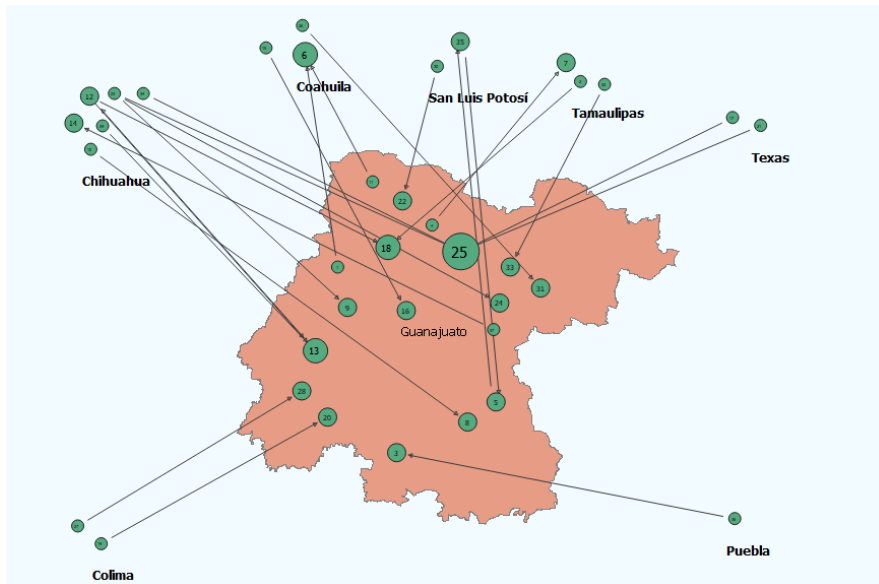
Fig. 19. Red automotriz estado de Guanajuato.

En la red, se busca identificar los nodos que tienen un mayor grado de salida o varios clientes, los nodos 23 y 12 ubicados en el estado de Chihuahua muestran un grado de salida o mayor centralidad, ya que proveen a un mayor número de las empresas de la red de Guanajuato (Fig. 20).



**Fig. 20. Nodos centrales del estado de Guanajuato.**

En contraste con lo anterior, los nodos integradores son aquellos que muestran un mayor número de proveedores, son los nodos 13, 18 y 25, los cuales se encuentran ubicados en el estado de Guanajuato. Estos reciben productos como: Asientos, componentes electrónicos, arneses y partes automotrices (Fig. 21).



**Fig. 21. Grado de prestigio (entrada) de Guanajuato.**

Para analizar su posición dentro de la red, el índice de Pagerank indica que los nodos 5, 35 y 25 son los que tienen un mejor posicionamiento, esto se debe a que hay una relación directa entre el nodo 5 y 35, y no tienen conexión con ningún otro, y el nodo 25, recibe productos de cuatro nodos. Los nodos restantes, tienen el mismo valor o prestigio, debido a que todos los nodos están aislados o solo tienen relación con un único nodo (Fig. 22).

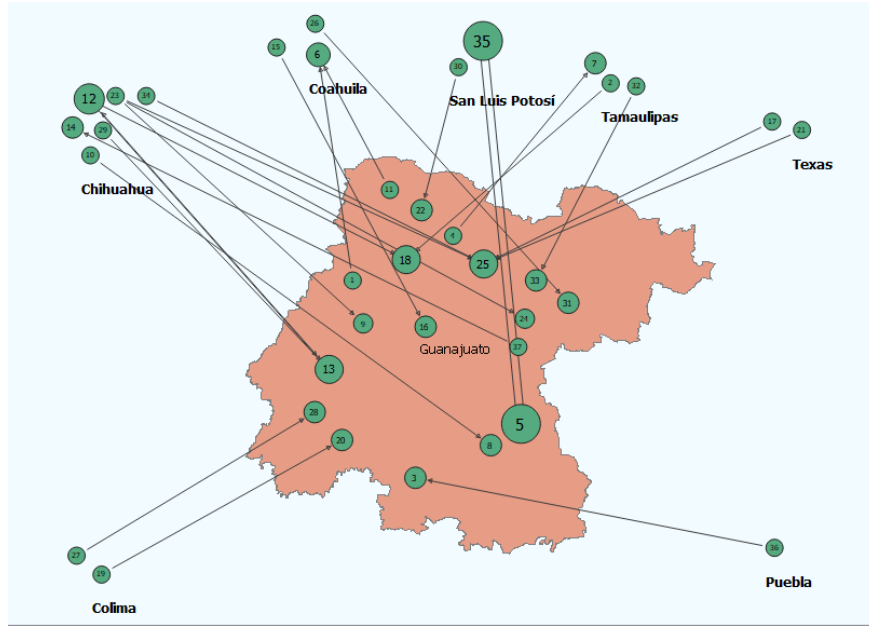


Fig. 22. Índice de Pagerank de la red de Guanajuato.

### 4.3.5 Nuevo León

La red del estado de Nuevo León se compone por 39 nodos, de los cuales 21 están establecidas en este estado. Los 18 nodos restantes o empresas con las que tiene relación el estado de Nuevo León son Chihuahua, Coahuila, Baja California, Colima, Durango, México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Tamaulipas y Texas (Fig. 23).

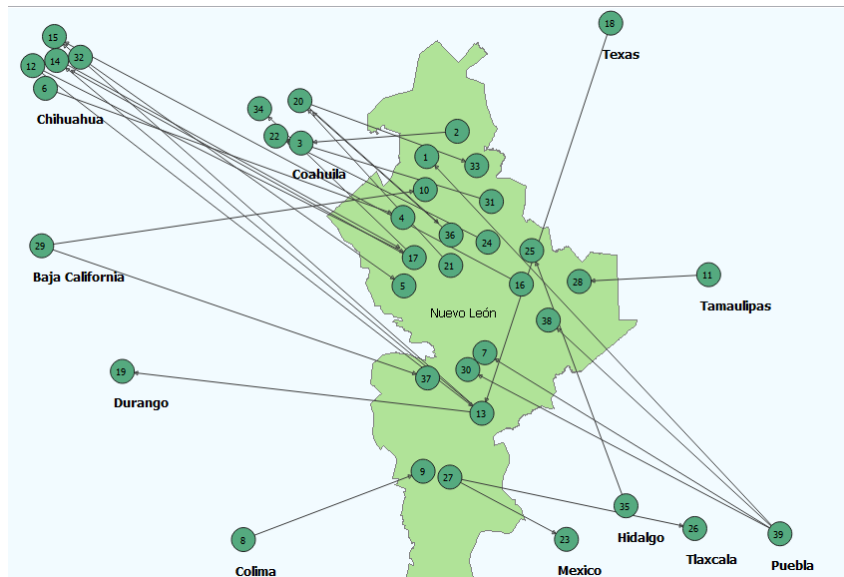


Fig. 23. Red Nuevo León

El ubicar los nodos distribuidores, ayuda a entender con quienes se tiene una relación estrecha, en este caso, los nodos 39 (Puebla), 13 (Nuevo León) y 12 (Chihuahua). Esto indica que son las empresas más centrales debido a que tienen un mayor número de clientes, estos distribuyen principalmente automóviles autopartes al estado de Nuevo León (Fig. 24).

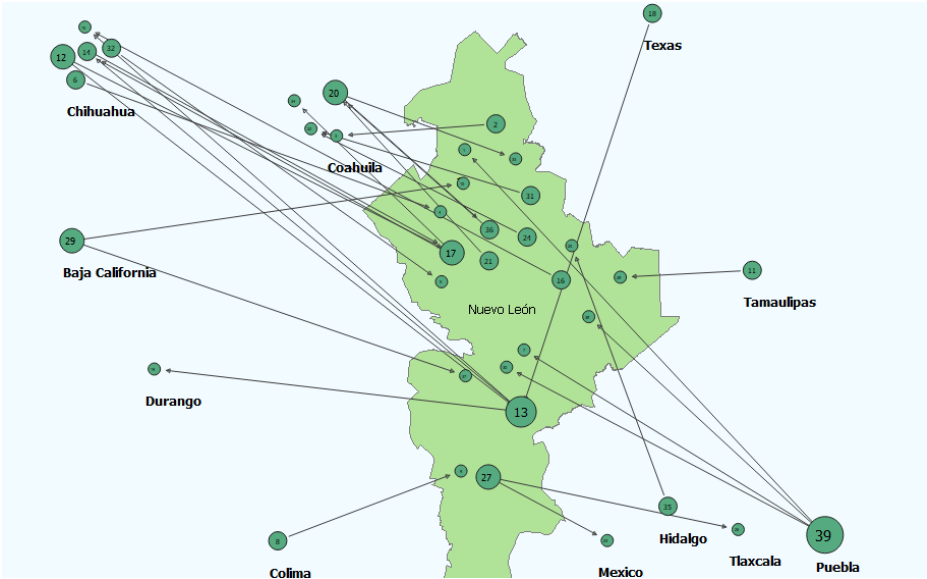


Fig. 24. Centralidad (nodos distribuidores)

Las empresas integradoras, son aquellas que reciben o alojan gran parte de los flujos, en este caso los nodos 13 y 17 ubicadas dentro del estado son quienes reciben a proveedores principalmente de autopartes (Fig. 25).

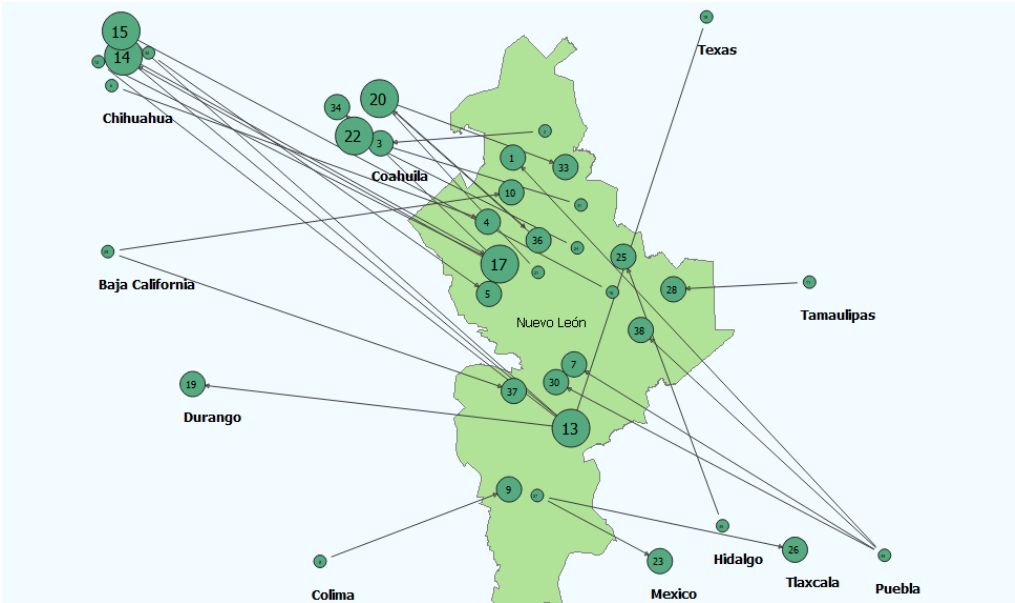


Fig. 25. Nodos integradores de la de Nuevo León (grado de prestigio).

La colocación del actor en la red va a depender de como estén conectados los nodos con los que tengan relación, para el caso del estado de Nuevo León se tiene que el nodo 17, 20 y 14 son los principales nodos conectados, debido a que sus nodos vecinos con los que están conectados, estos también tienen mayor conexiones. Los principales productos que envían son partes automotrices, pero solo el nodo 17 se encuentra en el estado d Nuevo León, mientras que el nodo 14 en Chihuahua y 20 en Coahuila (Fig. 26).

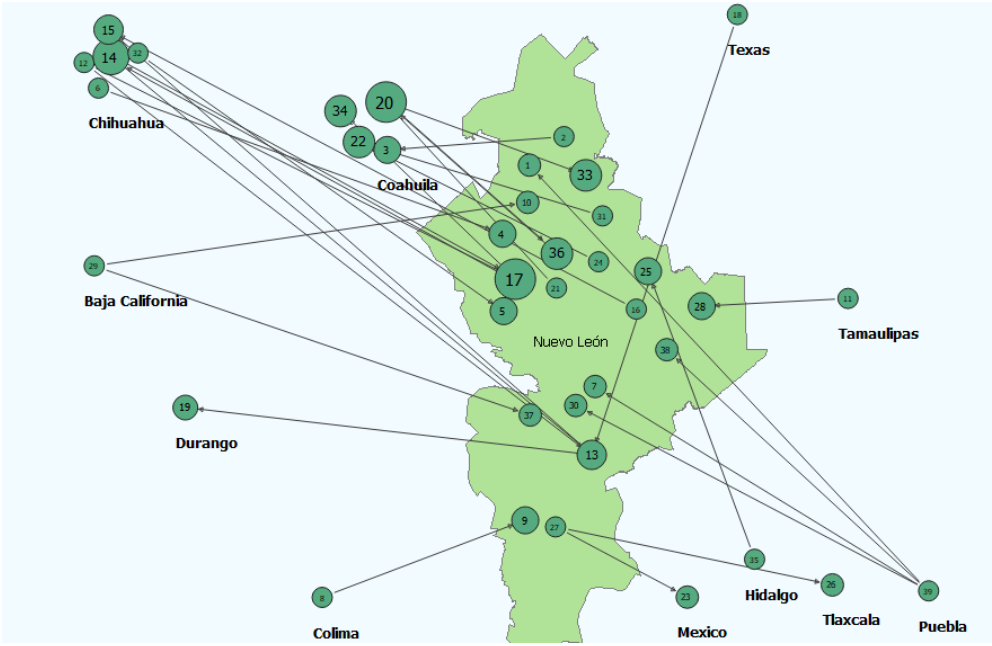
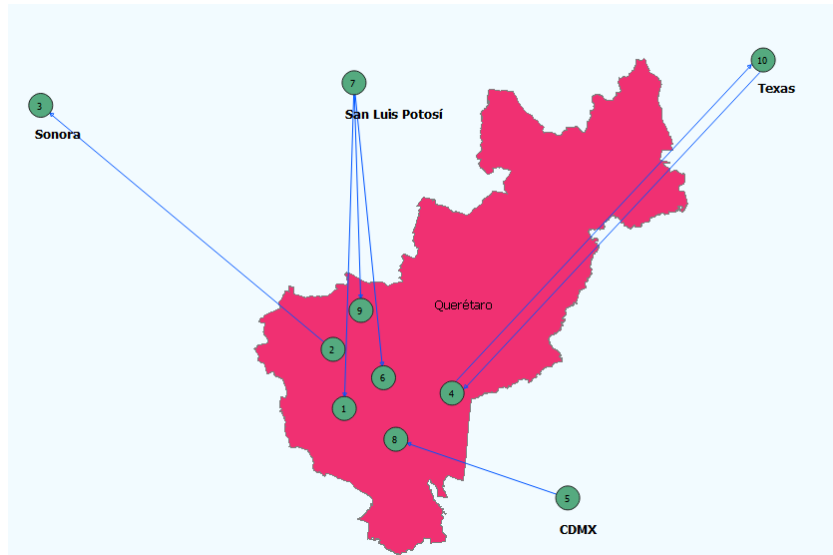


Fig. 26. Posicionamiento de los nodos en la red.

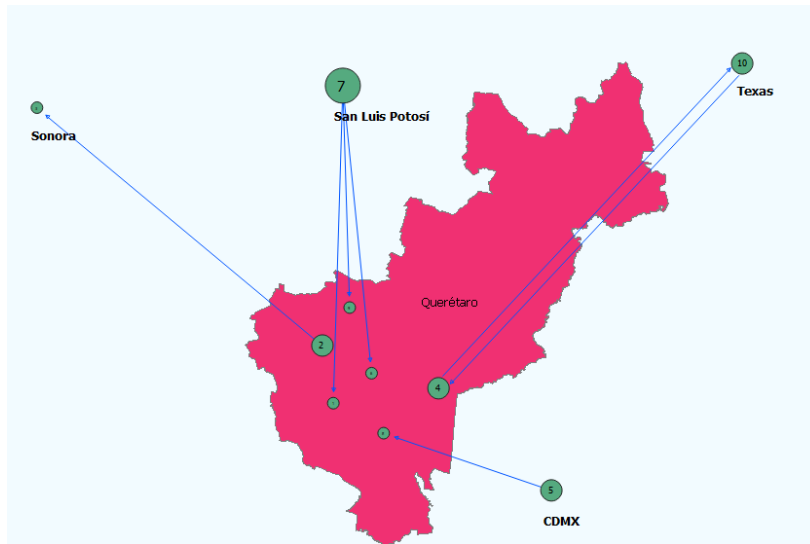
### 4.3.6 Querétaro.

Querétaro, en los últimos años ha tenido un crecimiento importante en el sector automotriz, sin embargo, los registros que se tienen por parte de cartas es de 10 nodos (empresas) de los cuales sólo 6 se encuentran dentro del estado de Querétaro y los demás se encuentran ubicados en Sonora, San Luis Potosí, Ciudad de México y Texas. Como se muestra en la red (Fig. 27) en el estado no se muestran relaciones entre las empresas de manera interna.



**Fig. 27. Red automotriz estado de Querétaro.**

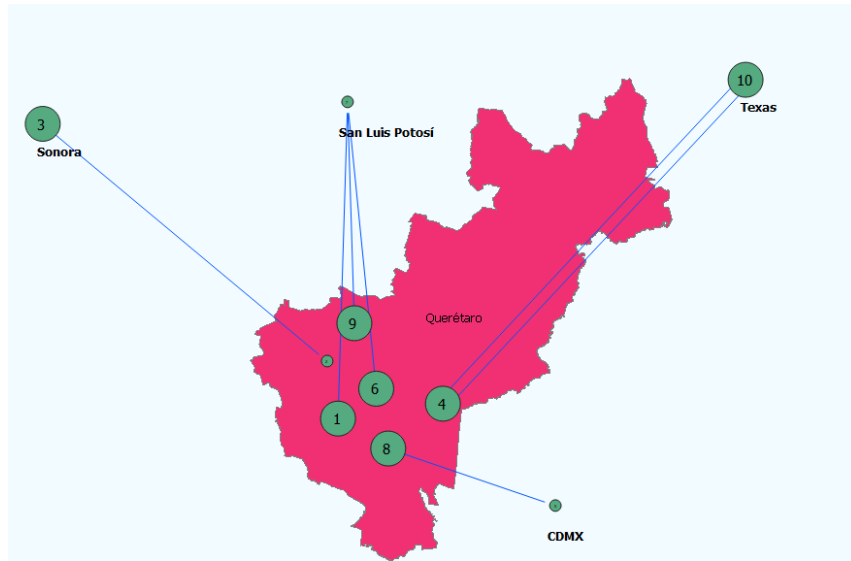
El grado de centralidad de esta red muestra que el nodo 7 tiene un mayor grado de salida hacia empresas del estado de Querétaro. Esto es, que el nodo 7 provee directamente a 3 de las 6 empresas que se encuentran en Querétaro (Fig. 28).



**Fig. 28. Grado de centralidad de la red de Querétaro.**

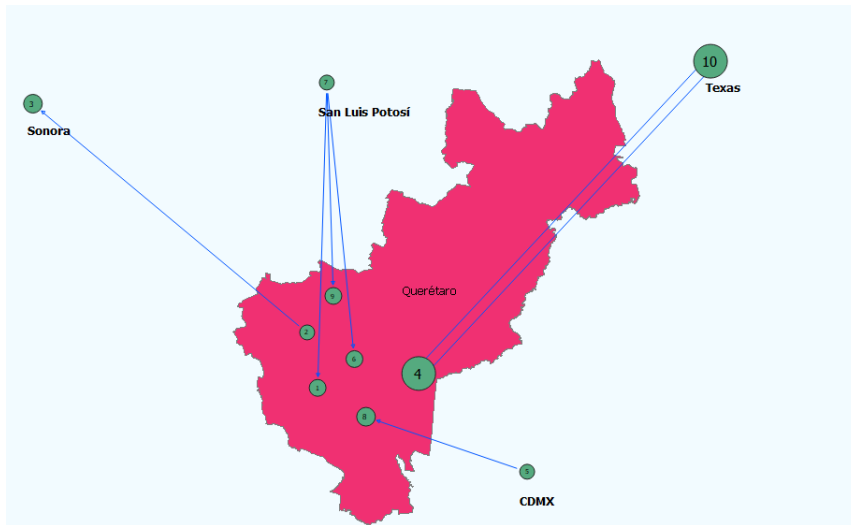
El grado de prestigio, indica cuales son los nodos o empresas que reciben a una mayor cantidad de proveedores en la red. Se encontró que los nodos 1 y 3 son los de mayor prestigio de la red (Fig. 29).





**Fig. 29. Grado de prestigio red Querétaro.**

Por último, el posicionamiento de los nodos, está definido por las relaciones que tienen los nodos y sus vecinos, para este caso, los nodos 4, 3 y 10 presentan una mejor posición en la red, cuyos productos que proveen son partes automotrices principalmente (Fig. 30)



**Fig. 30. Posicionamiento de los nodos.**

### 4.3.7 San Luis Potosí

La red de San Luis Potosí se encuentra conformada por 38 actores, de los cuales 18 pertenecen al estado, tiene relación con empresas de los estados de Coahuila, Chihuahua, Guanajuato, Querétaro, Ciudad de México, Puebla, Tamaulipas, Nuevo León y Texas.

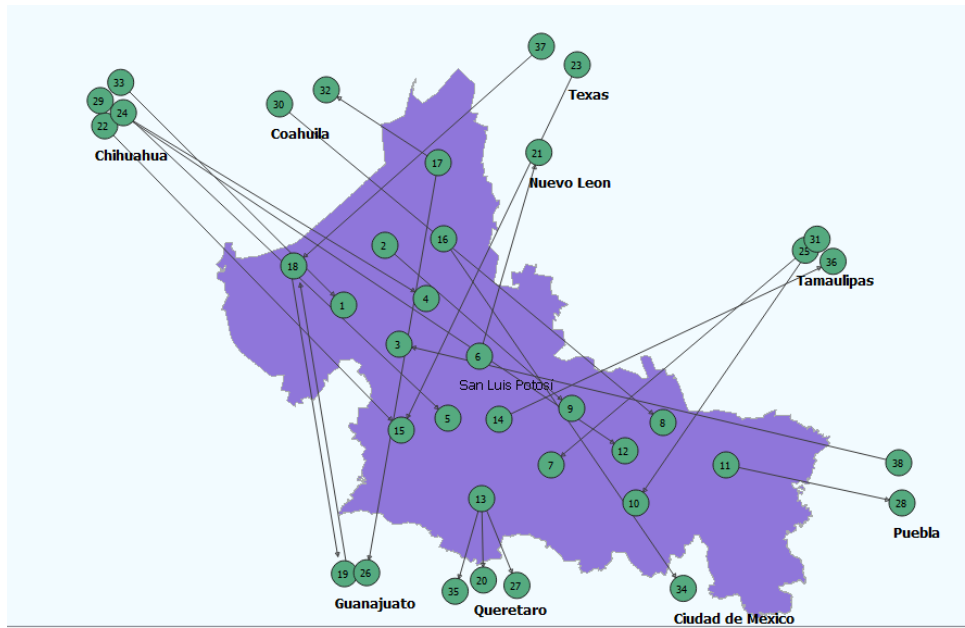
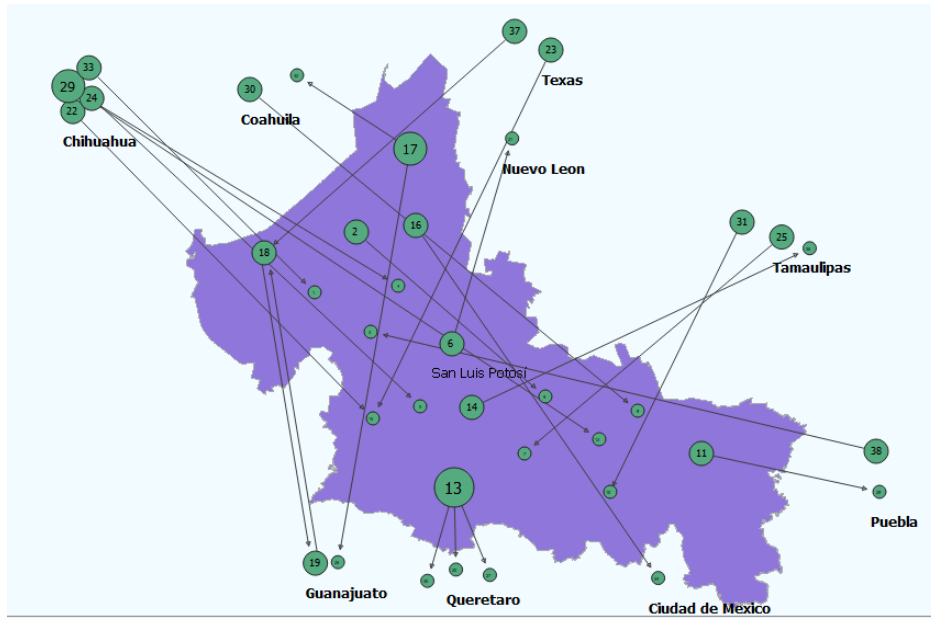


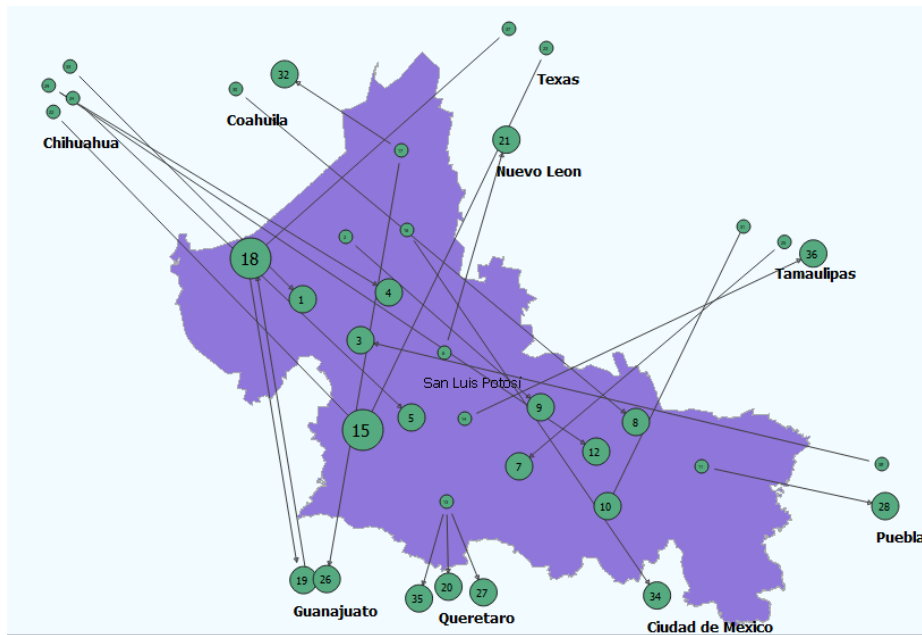
Fig. 31. Red automotriz Estado de San Luis Potosí.

Al estar integrada la red por diversas empresas de distintos estados, se propone a analizar su estructura y comportamiento dependiendo el número de relaciones entre las empresas. Uno de los principales análisis es el grado de salida, de los cuales el nodo 15 y 18 son los principales distribuidores en base a sus relaciones. Estos se encuentran ubicados en el mismo estado, cuyos principales productos que envían son rieles guía y partes automotrices (Fig. 32).



**Fig. 32. Centralidad de los nodos San Luis Potosí.**

Los nodos con mayor prestigio, son aquellos que reciben a más proveedores en comparación con otros nodos de la red, resultado del análisis, el nodo 18 y 15 son los de mayor prestigio por el número de conexiones de entrada que tienen (Fig. 33).



**Fig. 33. Grado de Prestigio red San Luis Potosí.**

Para corroborar lo anterior, el conocer qué nodo está mejor posicionado debido a que sus aliados también lo son, el índice de pagerank es de utilidad en este caso, resaltando que los nodos 18, 19 (en Guanajuato) y 15 están mejor conectados o posicionados, los cuales envían partes automotrices (Fig. 34).

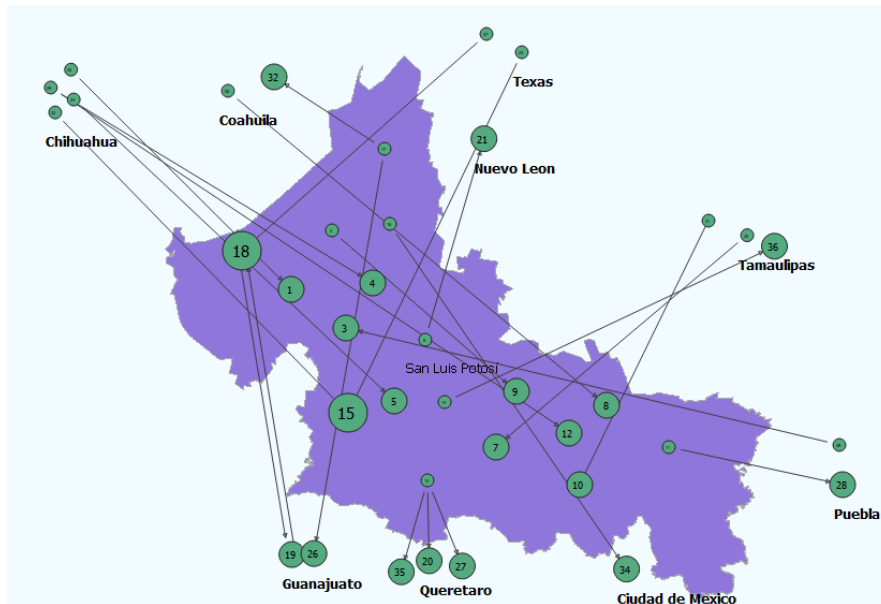


Fig. 34. Índice de posicionamiento de los nodos en la red (pagerank).

## 4.4 Conclusiones

El análisis de la cadena de suministro en red, bajo el contexto de operación en clúster industrial muestra que los estados en que tienen clústeres industriales están conectados unos con otros, ya que las relaciones de cliente – proveedor no están limitadas a una región sino que muestran relación con los demás estados. En la Tabla 6 se muestra a los nodos centrales de cada uno de los clústeres analizados, se muestra el grado de salida para cada uno de los nodos. El grado de salida identifica a las empresas distribuidoras de la red, es decir las que proveen en una proporción mayor de empresas de la red de cadenas de suministro. Así mismo, se logró identificar los productos que provee cada nodo central de cada clúster, de lo cual se encontró que las partes automotrices, componentes eléctrico-electrónicos y arneses son los productos que envían los nodos centrales.

**Tabla 6. Centralidad de los clúster y productos.**

Clúster	Nodos	Grado de centralidad	Ubicación del nodo	Producto
Chihuahua	16	0.183	Chihuahua	Arneses, componentes eléctricos/electrónicos, tableros y autopartes
	30	0.087	Chihuahua	Asientos y autopartes
	17	0.087	Chihuahua	Arneses, componentes eléctricos/electrónicos
Coahuila	23	0.073	Coahuila	Baterías
	54	0.055	Coahuila	Arneses y partes automotrices
	39	0.055	Coahuila	Partes automotrices
Estado de México	25	0.24	Puebla	Automóviles
	22	0.08	Estado de México	Partes automotrices
	17	0.04	Estado de México	Asientos y autopartes
Guanajuato	23	0.083	Chihuahua	Asientos, vestiduras y partes automotrices
	12	0.056	Chihuahua	Arneses, componentes eléctricos/electrónicos y autopartes
Nuevo León	39	0.105	Puebla	Automóviles
	13	0.079	Nuevo León	Partes automotrices, componentes eléctricos
San Luis Potosí	13	0.081	San Luis Potosí	Material Automotriz, riel guía
	29	0.054	Chihuahua	Material Eléctrico, motores
	17	0.054	San Luis Potosí	Partes automotrices
Querétaro	7	0.333	San Luis Potosí	Riel guía y material para estampados
	2	0.111	Querétaro	Automóviles

Así mismo, otro de los índices de interés para calcular en la red es el grado de prestigio del nodo, el cual identifica los nodos que reciben a un mayor número de empresas. También se encontró que los productos que reciben las empresas con mayor prestigio son arneses, componentes eléctrico – electrónico y partes automotrices (Tabla 7).

Tabla 7. Grado de prestigio de los clústeres.

Clúster	Nodos	Grado de prestigio	Ubicación del nodo	Producto
Chihuahua	16	0.106	Chihuahua	Arneses, componentes eléctricos/electrónicos, tableros y autopartes
	19	0.58	Chihuahua	Arneses, partes automotrices, componentes eléctrico/electrónico
	17	0.58	Chihuahua	Arneses, componentes eléctricos/electrónicos
Coahuila	26	0.109	Coahuila	Partes automotrices
	54	0.055	Coahuila	Arneses y partes automotrices
	11	0.055	Sinaloa	Arneses y partes automotrices
Estado de México	9	0.08	Estado de México	Asientos y autos
	13	0.08	Estado de México	Partes automotrices, asientos, motores
	2	0.04	Estado de México	Partes automotrices
Guanajuato	25	0.111	Guanajuato	Asientos, vestiduras y partes automotrices
	18	0.056	Guanajuato	Componentes eléctricos y autopartes
	13	0.056	Guanajuato	Arneses, componentes eléctricos/electrónicos y autopartes
Nuevo León	20	0.053	Coahuila	Partes automotrices
	13	0.053	Nuevo León	Partes automotrices, componentes eléctricos
	14	0.053	Chihuahua	Partes automotrices
San Luis Potosí	15	0.054	San Luis Potosí	Partes y sistemas automotrices
	18	0.054	San Luis Potosí	Partes automotrices
Querétaro	1	0.111	Querétaro	Material para estampado
	3	0.111	Sonora	Automóviles

Por último, uno de los índices que se toma en cuenta al analizar la red de cadenas de suministro es el prestigio o Pagerank, el cual identifica la posición o importancia que tiene un actor/empresa dentro de la red en base a las relaciones que tenga no solo el actor, sino con los nodos que se encuentra relacionado, es decir, entre más centrales o importantes sean los nodos con los que se relacione un actor, entonces este, será más importante o tendrá una mejor relación se identificó, que las empresas con mejor posicionamiento en cada uno de los clústeres eran aquellas que enviaban componentes automotrices y arneses ya que están presentes en la mayoría de los clústeres (Tabla 8).

**Tabla 8. Prestigio de cada clúster y productos.**

Clúster	Nodos	Pagerank prestige	Ubicación del nodo	Producto
Chihuahua	16	0.021	Chihuahua	Arneses, componentes eléctricos/electrónicos, tableros y autopartes
	17	0.01	Chihuahua	Arneses, componentes eléctricos/electrónicos
	5	0.007	Chihuahua	Partes automotrices, componentes electrónicos
Coahuila	35	0.018	Tamaulipas	Partes automotrices
	7	0.018	Coahuila	Arneses y partes automotrices
	11	0.018	Sinaloa	Arneses y partes automotrices
Estado de México	9	0.016	Estado de México	Asientos y autos
	13	0.016	Estado de México	Partes automotrices, asientos, motores
	26	0.011	Texas	Arneses
Guanajuato	35	0.027	San Luis Potosí	Partes automotrices
	5	0.027	Guanajuato	Partes automotrices
	25	0.016	Guanajuato	Asientos, vestiduras y partes automotrices
Nuevo León	17	0.017	Nuevo León	Partes automotrices, componentes electrónicos
	20	0.016	Coahuila	Partes automotrices
	14	0.014	Chihuahua	Partes automotrices
San Luis Potosí	18	0.038	San Luis Potosí	Partes automotrices
	19	0.037	Guanajuato	Partes automotrices
	15	0.011	San Luis Potosí	Partes y sistemas automotrices
Querétaro	4	0.1	Querétaro	Partes automotrices
	10	0.1	Texas	Partes automotrices.

## 5 Conclusiones

---

### 5.1 Conclusiones

Históricamente, los estudios de cadena de suministro suponían un análisis de forma lineal donde solo se involucraba a dos actores, sin embargo diversos factores como la globalización han dado pie al surgimiento de diversas perspectivas para su análisis. En la presente investigación, se demuestra la necesidad de abordar el estudio de las cadenas de suministro desde una perspectiva de redes de suministro, donde se involucren a más actores ya sea del mismo o diferente nivel.

La cadena de suministro, hoy en día es en realidad una red de suministro, donde diversos actores de una interactúan con otros miembros de otras cadenas de suministro, con esta visión surgen diversas interrogantes, la prima fue: **¿Qué tipo de relaciones existen entre las empresas y los clúster a nivel cadena de suministro?** Para dar respuesta a esta interrogante, se realizó un análisis crítico de la literatura sobre cadena de suministro y clúster, revelando que existen diversas relaciones que surgen entre las empresas, como lo son:

- Relación cliente – proveedor
- Relación de producto
- Flujos económicos
- Flujo de servicio
- Relación al compartir información
- Relación en desarrollo e innovación
- Relación de colaboración o trabajo en conjunto

Sin embargo, estas relaciones, en particular la relación *cliente – proveedor*, fueron vistas de manera lineal en la mayoría de las investigaciones y se enfocan en esta relación pero entre dos actores, y pocos se centran en estas relaciones en un ámbito de clúster.

Dado el enfoque de clúster de cadena de suministro que se planteó en el capítulo 2 de esta investigación, se tomó como variable de interés el estudio de la relación entre cliente – proveedor desde el enfoque de cadena de suministro en un ambiente de clúster industrial.

Uno de los requerimientos para llevar a cabo la evaluación de las relaciones era contar con información de las empresas sobre sus clientes, proveedores, productos y ubicación para integrar el clúster de cadena de suministro. Si bien, al realizar la búsqueda de los datos, se encontró que en México no se tiene acceso a este tipo de información referente a las relaciones entre empresas, ya que se considera de carácter sensible y confidencial. Sin embargo, en colaboración con el Instituto Mexicano del Transporte se logró acceder a la base de datos que generan sobre cartas porte (2013-2015), del cual se obtuvo la información sobre las relaciones entre empresas, su ubicación y producto que se intercambia. Por el contrario, un hallazgo



importante fue la información que genera INEGI y SE sobre las empresas de primer nivel (Tier 1), productos del sector automotriz y subsistemas de ensamble de diversos estados de la república.

Otra de las interrogantes era conocer si **¿Existe una especialización para los clústeres a pesar de que sean del mismo sector económico?** con la información disponible de INEGI y SE, se encontró que no todos los subsistemas de ensamble se encuentran en los clústeres evaluados, y que los sistemas más fuertes o centrales de los estados de la República Mexicana son la fabricación de partes del sistema eléctrico, sistema de motor, seguridad y confort interior. Por el contrario, el sistema que se encuentra presente en cada uno de los clúster es el de partes exteriores. Esta evaluación, solo es a nivel Tier 1, según la información disponible, pero brinda un apoyo para conocer la dinámica en cuanto a las empresas y su participación en los subsistemas del sector. Del mismo modo, esta evaluación de sus capacidades ayuda a la toma de decisiones para empresas que estén buscando dónde localizarse, y que no solo tomen de referencia los costos, o la infraestructura, sino que también el dinamismo y potencial en el que pueden insertarse a los sistemas de producción.

Las relaciones entre las empresas, van más allá de la relación entre dos actores, el modelo que se plantea sobre clúster de cadena de suministro, pretende conocer la forma en que interactúan los clúster industriales o identificar si **¿Es posible visualizar el alcance de la cadena de suministro a través del análisis en forma de red? y, al mismo tiempo ver si ¿Es posible identificar actores comunes entre diferentes clústeres industriales?** Al analizar la red de clúster con datos de cartas porte de la industria automotriz, se encontró que la metodología propuesta en la investigación permite representar las interacciones entre todos los actores involucrados, conocer su importancia en la red y los principales flujos de esta. Se encontró que el alcance de las cadenas de suministro no solo es en el interior del clúster o en el mismo estado, sino que tienen relación con otros clúster y con aquellos que no lo son. También, uno de los principales lugares de destino es Texas, los cuales envían y reciben productos de los principales clústeres en México. Esto, nos da una perspectiva sobre cómo se va conformando e involucrando las empresas unas con otras sin importar su localización.

En este sentido, el modelo propuesto sobre el análisis de cadena de suministro se alinea al objetivo general de la investigación, el cual es:

- *“Caracterizar las relaciones de empresas en clúster industriales desde un enfoque de cadenas de suministro en red para identificar su estructura y especialización a través del análisis de redes complejas”.*

El desarrollo del modelo de cadena de suministro y clúster, contribuye a objetivo general, ya que se demuestra que es posible caracterizar las relaciones entre diversas empresas, donde no solo se involucra a un actor, sino a varios, en este caso a clientes y proveedores, en el cual se puede identificar la estructura y conformación de la red de suministro a través del uso de redes complejas. En este

sentido, se puede concluir positivamente la hipótesis de la investigación definida como:

- *“Si se analizan y caracterizan las interacciones en cadenas de suministro por medio de un análisis de redes complejas, entonces, se podrá identificar áreas de oportunidad para contribuir al cuerpo de conocimiento en cuanto a la clusterización de cadenas de suministro”*

Finalmente, se puede afirmar que las cadenas de suministro pueden evaluarse en red, o ser vistas como un sistema, en el que cada actor o miembro involucrado es importante para su funcionamiento. Como resultado del desarrollo de esta investigación se tuvo una contribución metodológica, al brindar un modelo propuesto para la evaluación de las relaciones de la cadena de suministro en el clúster, donde se involucren diversos actores, dejando atrás un análisis lineal. Así también, se contribuye como una herramienta de apoyo logístico en la toma de decisiones de localización para las empresas en una zona, ya que se logra entender y visualizar el panorama sobre la actividad de la red y el flujo de los principales productos entre los actores.

## **5.2 Líneas futuras**

El análisis del modelo sobre clúster de cadena de suministro contribuye principalmente en conocer su integración, sus capacidades y la identificación de oportunidades en la parte de proveeduría y clientes. Sin embargo, se considera que esta metodología puede ser enriquecida si se involucran otros parámetros como:

- Diversas relaciones:
  - Las relaciones de las cadenas de suministro involucradas en un ambiente de clúster industrial no solo se centran en la relación cliente y proveedor, sino que tienen otras más como: relaciones de innovación, capacitación, compartir información, uso de servicios, entre otros. Para lo cual, sería importante considerar en el modelo el estudio de estas relaciones dentro de un clúster, teniendo como resultado esperado el análisis del clúster desde diferentes perspectivas para después evaluar en cuales de ellas se tiene una mayor relación entre las empresa miembro.
- Generación de indicadores:
  - La evaluación del desempeño de la cadena de suministro se ha hecho en torno a una sola sin considerar su interacción con factores externos o con otras cadenas de suministro, es por ello que se considera que la generación de un indicador de evaluación del desempeño de cadenas de suministro en red, ayudará a completar los resultados obtenidos, conjuntando así un modelo completo de clúster de cadena de suministro en relación con su desempeño grupal, en el cual se involucren variables de los diversos miembros.

### **5.3 Limitaciones**

Los resultados presentados en la investigación muestran un claro panorama sobre la interacción en forma red de la cadena de suministro, sin embargo, a lo largo del desarrollo de la investigación, se encontraron limitantes en cuanto al acceso a la información ya que para el modelo, los datos abiertos que INEGI brindaba a través de sus encuestas a la industria manufacturera no era suficientes para integrar el modelo. Se propone que INEGI incluya dentro de sus estudios, variables o preguntas sobre clientes, proveedores, intermediarios, o relaciones de cooperación entre las empresas, y que sobre todo sean de acceso fácil o controlado para la realización de este tipo de estudios.

# Bibliografía

---

- [1] P. M. Sunil Chopra, *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación*. Pearson education, quinta ed., 2013.
- [2] J. S. M. R. Miguel Gastón Cedillo-Campos, *América del Norte: Retos y oportunidades en el siglo XXI*, ch. Plan de transporte y logística para América del Norte: perspectivas y retos, pp. 101–126. 2015.
- [3] M. E. Porter, “Location, competition, and economic development: local clusters in a global economy,” *Harvard Business Review*, 2000.
- [4] Z. Min, D. Feiqi, and W. Sai, “Coordination game model of co-opetition relationship on cluster supply chains,” *J. of Syst. Eng. Electron.*, vol. 19, pp. 499–506, jun 2008.
- [5] C. Lawson, “Towards a competence theory of the region,” *Cambridge Journal of Economics*, vol. 23, pp. 151–166, mar 1999.
- [6] J. H. Dyer and H. Singh, “The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage,” *The Academy of Management Review*, vol. Vol. 23, pp. pp. 660–679, October 1998.
- [7] M. . P.-A. Cedillo-Campos, “Hybrid supply chains in emerging markets: the case of the mexican auto industry.,” *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. Vol. 21, pp. pp. 193–206, May 2010.
- [8] L. C. R. Carpinetti, E. C. Galdámez, and M. C. Gerolamo, “A measurement system for managing performance of industrial clusters,” *Int J Productivity & Perf Mgmt*, vol. 57, pp. 405–419, jun 2008.
- [9] K.-H. Niu, G. Miles, and C.-S. Lee, “Strategic development of network clusters,” *Competitiveness Review*, vol. 18, pp. 176–191, sep 2008.
- [10] M. Jahre and L.-M. Jensen, “Coordination in humanitarian logistics through clusters,” *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 40, pp. 657–674, sep 2010.
- [11] C. V. Trappey, A. J. Trappey, A.-C. Chang, and A. Y. Huang, “Clustering analysis prioritization of automobile logistics services,” *Industr Mngmnt & Data Systems*, vol. 110, pp. 731–743, may 2010.
- [12] C. Lamprinopoulou and A. Tregear, “Inter-firm relations in SME clusters and the link to marketing performance,” *Jnl of Bus & Indus Marketing*, vol. 26, pp. 421–429, aug 2011.

- [13]B. Huang and X. Xue, "An application analysis of cluster supply chain: a case study of JCH," *Kybernetes*, vol. 41, pp. 254–280, mar 2012.
- [14]M. Cedillo-Campos, "Supply chain clustering:the next logistics frontier?," Tech. Rep. 7405-001, Transportation Systems and Logistics National Laboratory, Mexican Institute of Transportation, México., 2012.
- [15]K. M. Law, P. Helo, R. Kanchana, and K. Phusavat, "Managing supply chains: lessons learned and future challenges," *Industr Mngmnt & Data Systems*, vol. 109, pp. 1137–1152, sep 2009.
- [16]P. Kess, K. M. Law, R. Kanchana, and K. Phusavat, "Critical factors for an effective business value chain," *Industr Mngmnt & Data Systems*, vol. 110, pp. 63–77, feb 2010.
- [17]P. B. L. Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernandez Collado, *Metodología de investigación*. Mc Graw Hill, 2010.
- [18]F. S. Toscano, *Razonamiento abductivo en lógica clásica*, vol. 2. College Publications, 2012.
- [19]C. Cedillo-Campos, M. y Sánchez, *Análisis dinámico de sistemas industriales*. Editorial Trillas, 2008.
- [20]G. Kovács and K. M. Spens, "Abductive reasoning in logistics research," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 35, pp. 132–144, feb 2005.
- [21]J. D. R. S. G. R. L. M. J. R. J. R. C. G. K. O. D. Manyika, J. Sinclair and S. Ramaswamy, *Manufacturing the Future: The Next Era of Global Growth and Innovation*. McKinsey Global Institute, 2012.
- [22]V. H. Lo and A. Yeung, "Managing quality effectively in supply chain: a preliminary study," *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 11, pp. 208–215, may 2006.
- [23]I. S. Chen and P. K. Fung, "Relationship configurations in the apparel supply chain," *Jnl of Bus & Indus Marketing*, vol. 28, pp. 303–316, apr 2013.
- [24]G. Q. Huang, A. Zhang, and X. Liu, "A supply chain configuration model for reassessing global manufacturing in China," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 24, pp. 669–687, may 2013.
- [25]. P. P. Y. Allison, J., "Consistency constraint allocation in augmented lagrangian coordination," *Journal of Mechanical Design*, vol. 132, no. 7, p. 071007, 2010.
- [26]H. G. Q. S. S. D. . Y. T. Zhang, Y. F., "Multi-agent based real-time production scheduling method for radio frequency identification enabled ubiquitous shop floor

environment.," *International Journal of Computers & Industrial Engineering*, vol. 76, pp. 89–97, oct 2014.

[27]S. Azevedo, H. Carvalho, and V. Cruz-Machado, "Using interpretive structural modelling to identify and rank performance measures," *Baltic Journal of Management*, vol. 8, pp. 208–230, apr 2013.

[28]J. Jayaram, K. C. Tan, and T. Laosirihongthong, "The contingency role of business strategy on the relationship between operations practices and performance," *Benchmarking: An International Journal*, vol. 21, pp. 690–712, jul 2014.

[29]M. Sohail and A. Sohal, "The use of third party logistics services: a Malaysian perspective," *Technovation*, vol. 23, pp. 401–408, may 2003.

[30]S.-G. J. Cedillo-Campos, M.G. and C. Ramírez, "The new relational schemas of inter-firms cooperation: the case of the coahuila automobile cluster in mexico," *International Journal Automotive Technology and Management*, vol. Vol. 6, no. No. 4, pp. pp. 406–418, 2006.

[31]E. Aktas and F. Ulengin, "Outsourcing logistics activities in Turkey," *Journal of Ent Info Management*, vol. 18, pp. 316–329, jun 2005.

[32]K. Phusavat and R. Kanchana, "Competitive priorities for service providers: perspectives from Thailand," *Industr Mngmnt & Data Systems*, vol. 108, pp. 5–21, feb 2008.

[33]Y. Sheffi, *Logistics Clusters: Delivering Value and Driving Growth*. 2012.

[34]L. Rivera, Y. Sheffi, and R. Welsch, "Logistics agglomeration in the US," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 59, pp. 222–238, jan 2014.

[35]P. Levy, *Collective Intelligence: Mankind's Emerging World in Cyberspace*. 1999.

[36]S. N. F. R.-T. Tomomi Kito, Alexandra Brintrup, "The structure of the toyota supply network: An empirical analysis," *SSRN Electronic Journal*, March 2014.

[37]Proceeding of the XV Summer School in Physics., *Complex networks*, Eds: Rocío Jauregui and José Recamier, July 30 to August 11 2007 2006.

[38]V. M. Y. C. M. H. D.-U. Boccaletti, S.; Latora, "Complex networks: Structure and dynamics," *Physics Reports*, vol. 424, pp. 175–308, feb 2006.

[39]B. P., "Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification.," *Journal of Mathematical Sociology*, vol. Vol. 2., pp. pp. 113 – 120., 1972.

[40]INEGI-AMIA, “Estadística a propósito de la industria automotriz.” Internet, 2016.

[41]M. E. Porter, “Clusters and the new economics of competition,” in *Competition, Competitive Advantage, and Clusters*, vol. 76, pp. 77–99, Oxford University Press (OUP), feb 1998.

[42]P. . S. de Economía, “Industria automotriz.” Internet, 2014.

[43]Q. A. Cluster, “Autoparts manufacturing capabilities,” 2014.

# Anexo.

---

Estado 1. Matriz adyacencia clúster Chihuahua (datos Tier1)

ID	Empresa/sistema	1 Partes exteriores del carro	2 Seguridad y confort interior	3 sistema de aire	4 sistema de combustible	5 sistema de dirección	6 Sistema de frenos	7 sistema de motor	8 sistema eléctrico
9	Johnson Controls	2	3	1				2	1
10	Lear Corp.		2						1
11	Federal-Mogul Corp.	1					1		1
12	Visteon Corp.			1					1
13	TRW Automotive Inc.		1			1			
14	Yazaki Corp.				1			1	1
15	BorgWarner Inc.							1	
16	Cummins Inc.	1							
17	Delphi Holding	1							
18	Inteva Products		1						
19	Leoni AG								1
20	Magneti Marelli S.p.A.								1
21	Robert Bosh GmbH								1
22	Valeo SA	1							



**Estado 2.Matriz clúster Coahuila (datos Tier1)**

ID		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	<b>Empresa/sistema</b>	<b>estructura</b>	<b>Partes exteriores del carro</b>	<b>Seguridad y confort interior</b>	<b>sistema de aire</b>	<b>sistema de combustible</b>	<b>sistema de dirección</b>	<b>Sistema de frenos</b>	<b>sistema de motor</b>	<b>sistema de suspensión</b>	<b>sistema de transmisión</b>	<b>sistema eléctrico</b>
12	<b>Magna International</b>	1	2	3			1				1	
13	<b>Cooper-Standard Automotive</b>		1			2			2	1	1	2
14	<b>Martinrea International</b>					1		1	1			1
15	<b>Grupo Antolin</b>		2	2								
16	<b>Mahle GmbH</b>								4			
17	<b>Linamar Corp.</b>								2		1	
18	<b>Johnson Controls</b>			1								1
19	<b>Takata Corp.</b>			2								
20	<b>Toyota Boshoku Corp</b>			2								
21	<b>Plastic Omnium Co.</b>					2						
22	<b>BorgWarner Inc.</b>								1			
23	<b>Denso Corp</b>				1							
24	<b>Faurecia</b>			1								
25	<b>IAC</b>			1								
26	<b>Magneti Marelli S.p.A.</b>									1		

**Estado 3. Matriz clúster Estado de México (datos Tier1)**

ID		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Empresa/sistema	estructura	Ingeniería y desarrollo	Partes exteriores del carro	Seguridad y confort interior	sistema de aire	sistema de combustible	sistema de dirección	Sistema de frenos	sistema de motor	sistema de transmisión	sistema eléctrico
12	Magna International	1	1	3	3							
13	Honeywell Transportation Systems						2		3	3	1	
14	Valeo SA			2	1	1		2				
15	Mahle GmbH									5		
16	Federal-Mogul Corp.			1								
17	Hella KGaA Hueck & Co.			1						1		
18	Johnson Controls						1			1		1
19	Robert Bosh GmbH								1			1
20	Freescale Semiconductor Inc.											2
21	Hitachi Automotive Systems Ltd.									2		
22	Autoliv Inc.				1							
23	Cooper-Standard Automotive									1		
24	Dana Holding Corp.										1	
25	Du Pont			1								
26	Gestamp	1										
27	IAC				1							
28	Koito Manufacturing Ltd.											1
29	Magneti Marelli S.p.A.											1
30	NTN Corp.									1	1	
31	Plastic Omnium Co.				1							
32	TI Automotive Ltd.						1					
33	TRW Automotive Inc.							1				

Estado 4.Matriz clúster Guanajuato (datos Tier1).

ID	Empresa/sistema	1 estructura	2 Partes exteriores del carro	3 Seguridad y confort interior	4 sistema de combustible	5 sistema de dirección	6 Sistema de frenos	7 sistema de motor	8 sistema de suspensión	9 sistema de transmisión	10 sistema eléctrico
11	Continental		1	2							8
12	American Axle & Manufacturing	1								1	1
13	Flex-N-Gate Corp.		3								
14	CIE Automotive S.A.		2								
15	Mitsuba Corp.		1					1			
16	Webasto AG		1	2							
17	Leopold Kostal GmbH					1					2
18	Hella KGaA Hueck & Co.										2
19	Autoneum Management AG							2			
20	Martinrea International		1		1						
21	F-Tech Inc.		1						1		
22	Magna International	1	1								
23	Akebono						1				
24	BorgWarner Inc.							1			
25	Faurecia				1						
26	GKN Driveline									1	
27	Kautex Textron GmbH				1						
28	KSPG AG							1			
29	Lear Corp.		1								
30	Nissin Kogyo Co.						1				
31	Omron										1
32	Plastic Omnium Co.		1								
33	Showa Corp.					1					

**Estado 5. Matriz clúster Nuevo León (datos Tier1).**

ID		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Empresa/sistema	estructura	Partes exteriores del carro	Seguridad y confort interior	sistema de combustible	sistema de dirección	Sistema de frenos	sistema de motor	sistema de transmisión	sistema eléctrico
10	Magna International		2	2					1	4
11	Denso Corp				2			1		3
12	Mitsuba Corp.		3					1		
13	Honeywell Transportation Systems							3	1	
14	Dura Automotive Systems Inc			1		1				1
15	Nemak	1		1			1			
16	NSK Ltd							4		
17	Yazaki Corp.									3
18	Mahle GmbH							2		
19	Johnson Controls				1			1		1
20	IAC		1	1						
21	Trelleborg Automotive		2							
22	Aisin Seiki		1							
23	TRW Automotive Inc.						1			
24	Visteon Corp.									1

Estado 6. Matriz clúster Querétaro (datos Tier1).

ID		1	2	3	4	5	6	7
	Empresa/sistema	Partes exteriores del carro	Seguridad y confort interior	sistema de combustible	sistema de motor	sistema de suspensión	sistema de transmisión	sistema eléctrico
8	Valeo SA				1		1	5
9	Autoliv Inc.		1				1	2
10	Martinrea International				1		1	
11	Dana Holding Corp.						3	
12	Dura Automotive Systems Inc	2						
13	TRW Automotive Inc.		1					
14	Brose Fahrzeugteile GmbH	2						
15	Mitsubishi Electric Corp.							2
16	Clarion Co.		1					
17	Faurecia			1				
18	Hitachi Automotive Systems Ltd.					1		
19	IAC		1					
20	Leopold Kostal GmbH							1
21	Mahle GmbH						1	
22	Michelin Group	1						
23	Nexteer Automotive						1	

Estado 7. Matriz clúster San Luis Potosí (datos Tier1).

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Empresa/sistema	estructura	Partes exteriores del carro	Seguridad y confort interior	sistema de aire	sistema de combustible	sistema de dirección	Sistema de frenos	sistema de motor	sistema de transmisión	sistema eléctrico
11	Valeo SA		1		1				2	1	2
12	IOCHPE Maxion SA	1	1								
13	Continental		1								
14	Cummins Inc.								1		
15	Draexlmaier Group										1
16	Faurecia			1							
17	Hyundai Dymos			1							
18	JTEKT Corp.						1				
19	Magna International	1									
20	Robert Bosh GmbH							1			
21	TI Automotive Ltd.					1					
22	Toyoda Gosei Co.			1							