

# DESARROLLO SUSTENTABLE, NEGOCIOS, EMPRENDIMIENTO Y EDUCACIÓN

latindex  Dialnet  IDEAS

## GRAFENO: UNA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Dra. Jenny Alvarez Botello<sup>1</sup>

Dr. Rogel Fernando Retes Mantilla<sup>2</sup>

Mtro. Enoc Gutierrez Pallares<sup>3</sup>

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Jenny Alvarez Botello, Rogel Fernando Retes Mantilla y Enoc Gutierrez Pallares (2021): "Grafeno: una innovación tecnológica en la industria automotriz", Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO DS, n. 25 (p.p. 80-94, noviembre 2021). En línea:

<https://www.eumed.net/es/revistas/rilcoDS/25-noviembre21/industria-automotriz>

### RESUMEN

En México el sector automotriz representa el 2.9% del PIB nacional y el 18% de la producción de manufactura. La industria de autopartes se conforma por 727 empresas, de las cual, alrededor del 30% son nacionales. La cadena de proveedores de la cadena automotriz, han venido incorporando nuevas tecnologías en el ámbito de la seguridad, sostenibilidad y energías limpias, utilizando para este propósito las TICs, la robótica, la inteligencia artificial y los nuevos materiales para cumplir con las demandas y exigencias actuales del mercado. En este sentido, el grafeno que es una sustancia formada por carbono puro, y que posee propiedades muy importantes cómo son: dureza, flexibilidad, elasticidad, conductividad térmica y eléctrica alta, entre otras; dio motivo para estudiar su cadena de suministro y los avances que provee a la industria automotriz, con el afán de hacerla más competitiva.

**Palabras clave:** sector automotriz, grafeno, innovación.

### GRAPHENE: A TECHNOLOGICAL INNOVATION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

### ABSTRACT

<sup>1</sup> Profesor de Tiempo completo Universidad Autónoma del Estado de México. [jalvarezbo@uaemex.mx](mailto:jalvarezbo@uaemex.mx); Integrante del SNI (Sistema Nacional de Investigación). Doctora en Ciencias de la Educación, Mtra. en Administración con Especialidad en Ingeniería Financiera e Ingeniería Industrial.

<sup>2</sup> Profesor de Tiempo completo Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. [retes@tesco.edu.mx](mailto:retes@tesco.edu.mx); Integrante del SNI (Sistema Nacional de Investigación). Doctor en Ciencias Económicas. Coordinador de la Incubadora tecnológica de Empresas TESCO.

<sup>3</sup> Profesor de Tiempo completo Universidad Autónoma del Estado de México. [egutierrezp@uaemex.mx](mailto:egutierrezp@uaemex.mx); Candidato a Doctor y Maestro en Ciencias de la Educación. Formación Profesional en Licenciatura en Ingeniería electrónica énfasis en control y automatización.

In Mexico, the automotive sector represents 2.9% of the national GDP and 18% of manufacturing production. The auto parts industry is made up of 727 companies, of which around 30% are national. The supply chain of these automotive chain suppliers, have been incorporating new technologies in the field of safety, sustainability and clean energy, using for this purpose ICTs, robotics, artificial intelligence and new materials to meet current market demands and demands. In this sense, graphene, which is a substance formed by pure carbon, and which has very important properties such as: hardness, flexibility, elasticity, high thermal and electrical conductivity, among others; gave reason to study its supply chain and the advances it provides to the automotive industry, with the aim of making it more competitive.

**Keywords:** automotive sector, graphene, innovation.

## INTRODUCCIÓN

El carbono es el cuarto elemento más abundante en el universo (después del hidrógeno, helio y oxígeno). Además de ser un elemento polimórfico, el cual puede existir en tres formas diferentes, diamante, grafito, y como fullerenos. El grafito es un material anisotrópico, lo cual quiere decir que sus propiedades, tales como térmicas y eléctricas, varían según la dirección en las que son examinadas, por ejemplo, se considera un excelente conductor térmico y eléctrico si lo observamos desde dentro del plano laminar, sin embargo, dichas propiedades disminuyen cuando lo vemos desde un punto de vista perpendicular debido a que las fuerzas de Van Der Waal son muy débiles entre lamina y lamina. Al separar una única lámina de átomos de carbono del grafito se obtiene el grafeno (Chung, 2002). El grafeno se define como una fina lámina plana de átomos de carbono con hidratación sp<sup>2</sup> en dos dimensiones (2D), formando una estructura similar a un panel de abeja (Ajay y Chee, 2013). Fue aislado por primera vez en el año 2004, por los físicos Andre K. Geim y Konstantin S. Novoselov, al pegar un trozo de celo sobre la superficie de un grafito, pero no fue hasta el año 2010 cuando el grafeno comenzó a generar interés en el resto de los científicos, al ganar sus descubridores el premio Nobel de física.

El sector automotriz en México, representa el 2.9% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y el 18% de la producción de manufactura. Así mismo, la industria de autopartes se conforma por 727 empresas, de las cuales, alrededor del 30% son nacionales. Esta industria se ha convertido en una de las más fuertes a nivel mundial; a demás de las importantes aportaciones al PIB, crea empleos directos e indirectos, promueve la entrada de inversión y genera el desarrollo de nuevas tecnologías. En el 2019, el sector generó para nuestro país 88,746 mdd, la producción de autopartes en México para el 2020 fue de 78 mil millones de dólares, su exportación de autopartes a EE.UU en el 2020 reportó 56 mil millones de dólares y el sector generó 863 mil empleos directos. (INA, 2019)

En este sentido, el grafeno dio motivo para estudiar las principales innovaciones en la empresa de autopartes.

Este interés fue debido a las características únicas del material, como la excelente conductividad eléctrica, su amplia superficie, dureza y una gran conductividad térmica. Además, al proceder de una sustancia natural como el grafito, tiene menor riesgo ambiental que los materiales inorgánicos (Bunch, 2008; Zhu y col., 2010; Baladin y col., 2008). Para el sector automovilístico el grafeno puede aplicarse como: (1) Aditivo para mejorar lubricantes existentes: gracias al uso de grafeno en lubricantes existentes se logra reducir la fricción, proporcionar una mejor resistencia y producir un efecto de enfriado de la pieza expuesta a la fricción; (2) Barniz anti-corrosión: forma una capa protectora extremadamente fuerte y resistente que aísla de la corrosión y el óxido y proporciona un efecto antirrayado; (3) Elemento para reemplazar los aditivos nocivos que se utilizan actualmente en lubricantes; (4) Lunas antivaho y prácticamente irrompibles; (5) Estructuras y chasis más fuertes, resistentes y ligeros; (6) Neumáticos más flexibles y resistentes, que no se calientan y se agarran mejor al asfalto., (7) Baterías con la mayor capacidad y eficiencia.

Objetivo de la investigación es: Analizar las ventajas y desventajas del uso del grafeno en la cadena de suministro automotriz.

## **METODOLOGÍA**

La presente investigación se basa en una metodología exploratoria con un enfoque cuantitativo, ya que se utiliza la recolección de datos para dar respuesta a los objetivos, se realiza una investigación exhaustiva de fuentes secundarias con información general respecto a un problema poco conocido, incluyendo la identificación de posibles variables a estudiar en un futuro; con un diseño no experimental tradicional, y transversal; ya que se estudia en un periodo determinado de tiempo.

## **DESARROLLO**

Las empresas se enfrentan a requerimientos crecientes de calidad, servicio y costo, los clientes demandan plazos de entrega cada vez más cortos y disminuyen las cantidades de pedido hasta extremos impensables hace algunos años, lo que ha obligado a analizar las cadenas de suministro en especial con el uso de nuevos materiales que se están desarrollando fuertemente a nivel mundial.

### **Caracterización de la cadena de suministro en la industria Automotriz.**

En México la industria automotriz se ha convertido en una de las más fuertes a nivel mundial; genera importantes aportaciones al Producto Interno Bruto (PIB), crea empleos directos e indirectos, promueve la entrada de inversión y genera el desarrollo de nuevas tecnologías.

En el 2019, el sector generó para nuestro país 88,746 mdd, la producción de autopartes en México para el 2020 fue de 78 mil millones de dólares, su exportación de autopartes a EE.UU en el 2020 reportó 56 mil millones de dólares y el sector generó 863 mil empleos directos. (INA, 2019).

**Imagen 1.**

*Industria automotriz - Autopartes*



*Fuente: Industria Nacional de Autopartes, A.C. (INA,2020)*

En la siguiente imagen se presenta un diagrama de la cadena de suministro de la industria automotriz basado en la industria SEGLO Logistics, operador logístico especializado en el manejo de materiales para la industria automotriz. Teniendo como clientes en México a VW Puebla, Audi Puebla, GM Silao, FCA Toluca, Ford Cuautitlán, Chihuahua y Hermosillo.

**Imagen 2.**

*Diagrama de la cadena de suministro de la Industria Automotriz.*



Fuente: (Inbound Logistics Latam Magazine, 2021)

Los fabricantes a veces se refieren a las empresas de su cadena de suministro como proveedores de primer y segundo nivel por lo que encontramos empresas Tier 1, Tier 2, Tier 3 y Tier 4; que permiten proveer de componentes complejos y subconjuntos que deben cumplir con la calidad, la fabricación y los estándares requeridos. Los términos indican la distancia comercial en la relación entre el fabricante y el proveedor.

Las empresas que agrupan el sector automotor tienen una importante presencia en todo el país, se han desarrollado 20 complejos productivos de vehículos ligeros y motores distribuidos en 12 entidades federativas al 2018 como se muestra en la siguiente imagen.

**Imagen 3.**

*Complejos de vehículos ligeros y motores.*



Fuente: Industria Nacional de Autopartes, A.C. (INA,2018)

En la imagen 4 se presentan las 11 plantas armadoras de vehículos pesados y motores a diésel con presencia de 8 estados de la República.

**Imagen 4.**

*Plantas fabricantes de vehículos pesados y motores.*



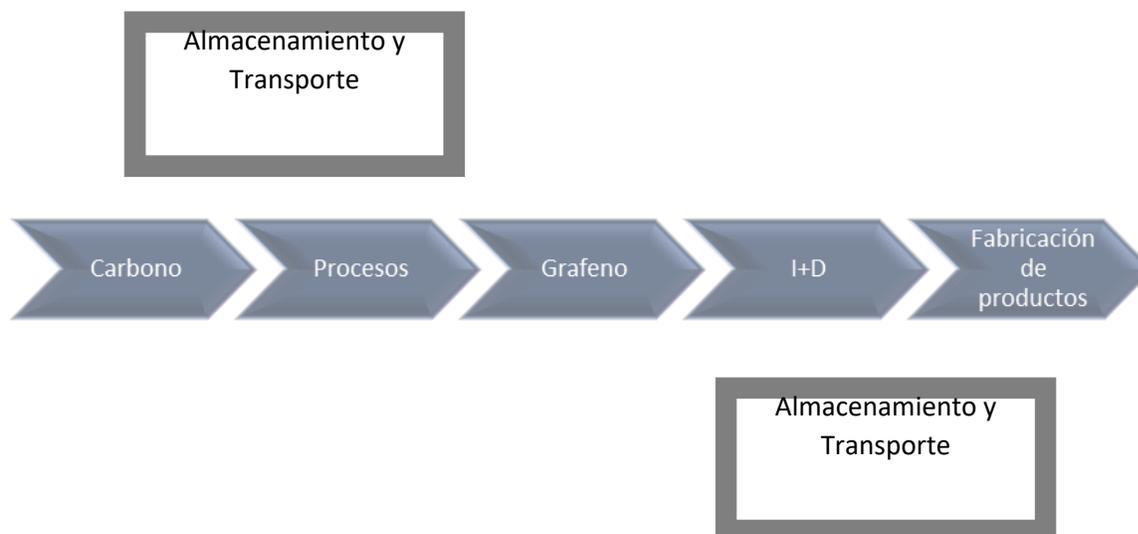
Fuente: Industria Nacional de Autopartes, A.C. (INA,2018)

**Caracterización de la cadena de suministro del Grafeno**

La innovación de materiales, que ayudan entre otros a la industria automotriz es el grafeno, gracias a sus propiedades de resistencia, flexibilidad y resistencia, que generan materiales de alta calidad y a un menor costo a nivel internacional.

**Imagen 5:**

*Caracterización de la cadena de suministro del Grafeno.*



*Fuente: Elaboración propia*

### **Grafeno y sus procesos**

El grafeno es un nanomaterial se aisló por primera vez en 2004, por el que se otorgó a Andre Geim y Kostya Novoselov, el premio Nobel de Física 2010, es el material más delgado del mundo, solo tiene un átomo de espesor, un millón de veces más delgado que un cabello humano. Sin embargo, es más fuerte que el acero y el diamante; esto permite muchas aplicaciones en materiales compuestos con una rigidez y durabilidad, es el material más resistente y el más ligero conocido.

Es una capa atómica de carbono puro, un material bi-dimensional distribuido perfectamente en una formación hexagonal de panal. Algunas de las propiedades que más destacan de este material son resistencia, ligereza, impermeabilidad, flexibilidad y conductor de electricidad, entre otras.

### **Producción del grafeno.**

Se presenta la clasificación de métodos para la obtención del grafeno publicada por el Graphene Flagship programa de investigación de la Unión Europea (2013-2020).

Deposición química de vapor: Produce grafeno mediante un proceso en el cuál los átomos de carbono se evaporan y luego se depositan en una lámina de cobre, reduciendo los átomos de carbono en el metano, controlando cuidadosamente las condiciones, los átomos se ordenan en la perfecta celosía hexagonal sobre un soporte que normalmente se retira, para transferir el grafeno a plataformas más útiles como el silicio, el plástico o el cuarzo; se utiliza para aplicaciones como electrónica transparente y flexible, así como para recubrimientos anticorrosión.

Exfoliación en fase líquida: El óxido de grafeno es el producto de la exfoliación en fase líquida mediante la cual se exfolian monocapas o pocas escamas de grafeno a partir de grafito en un medio líquido. El

óxido de grafeno es un material importante para una variedad de aplicaciones en biomedicina, almacenamiento de energía, materiales compuestos, pinturas y tintas entre otros.

Exfoliación mecánica: Los cristales de grafeno se cultivan en una variedad de sustratos para diversas aplicaciones. El grafeno cultivado en aislantes, como el SiO<sub>2</sub>, normalmente produce una película con pequeños cristalitas, mientras que el crecimiento en las superficies compactas de los metales produce películas altamente cristalinas. Estos cristales se pueden cultivar en obleas para aplicaciones electrónicas.

### **Almacenamiento y transporte.**

A medida que la industria del grafeno madura, el almacenamiento y el transporte se convertirán en un aspecto cada vez más importante de la cadena de suministro de grafeno, afectando tanto el costo como la disponibilidad, y por lo tanto la velocidad de adopción de la industria. El transporte de películas de grafeno es seguro y relativamente fácil, porque las películas se colocan, almacenan y envían sobre sustratos.

Sin embargo, para las hojuelas GO y los GNP, la decisión de manipular el grafeno en forma húmeda (por ejemplo, en agua) o seca durante la fabricación, el procesamiento y la distribución afectará los costos y la complejidad de la distribución. Debido a que GO se almacena en forma dispersa en agua, su transporte es seguro.

### **Seguridad y salud**

Actualmente no existen regulaciones específicas de salud y seguridad relacionadas con el grafeno y sus procesos de producción, por lo que será un reto a corto plazo que se implementen las medidas correctas de gestión de riesgos en el lugar de trabajo; sin que esto sea un obstáculo para las empresas. Una propuesta de acuerdo a lo establecido por Zurutuza y Marinelli, (2014) para minimizar posibles riesgos dentro de la cadena de suministro, es ofrecer productos intermedios para pasar de un mercado de materiales a un mercado de componentes.

### **Integración dirigida al Cliente**

El procesamiento del grafeno debe ser en formas adecuadas para que los clientes lo integren en sus procesos y en los productos finales. Las opciones principales para la integración son:

- El grafeno es fabricado e integrado por el usuario final
- El grafeno se suministra sobre un sustrato y se integra en el proceso del usuario final.

La disponibilidad del grafeno debe ser de formas que sean familiares por ejemplo para la industria química y de polímeros, las soluciones de disolventes acuosos y orgánicos, así como las suspensiones y lodos concentrados, proporcionan un intermediario para integrarlo en pinturas, películas y formulaciones de revestimiento.

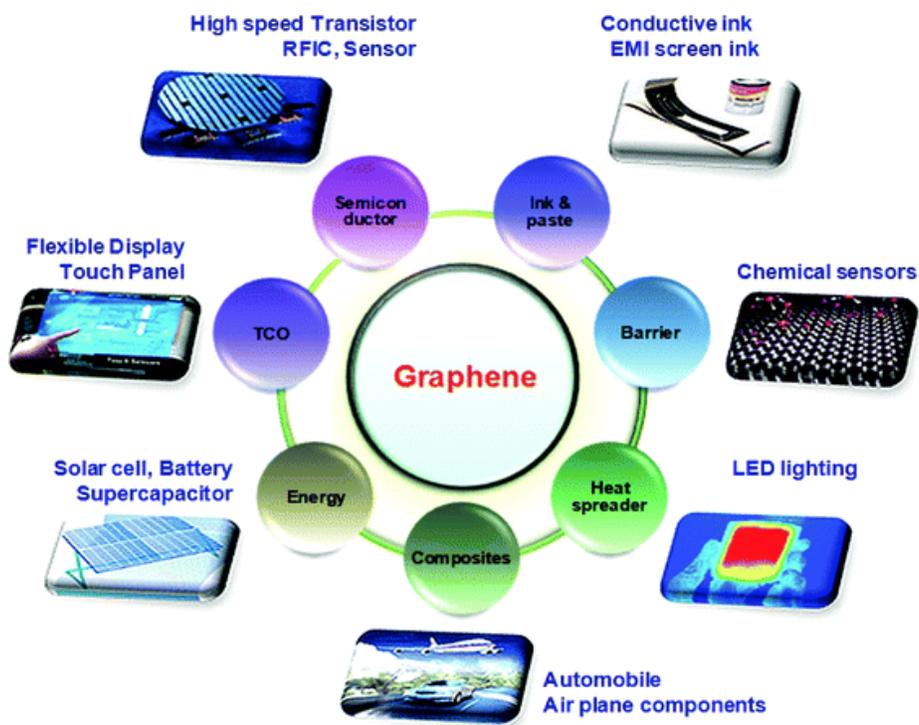
Es importante reiterar la propiedad del grafeno que es ser ligero, las industrias automotriz y de aviación están investigando el grafeno para hacer que los automóviles y aviones sean menos pesados, lo que reducirá el consumo de combustible y las emisiones de carbono.

**Análisis del grafeno en la industria automotriz**

Los diversos estudios que se realizan en base al grafeno permiten impulsar un transporte ecológico que avanza en la implementación a gran escala de los coches eléctricos como componentes claves del transporte urbano y suburbano. Los compuestos resistentes y ligeros permiten construir nuevos vehículos utilizando menos material y energía; contribuyendo a un mundo sostenible.

**Imagen 6:**

*Aplicaciones del Grafeno.*



Fuente: Ferrari A., et. al. (2015)

En la figura se presenta un resumen de aplicaciones del grafeno en diferentes sectores que van desde tintas conductoras hasta sensores químicos, dispositivos de luz, compuestos, energías, paneles táctiles y electrónica de alta frecuencia.

Las características del lubricante automotriz mejorado GMG Graphene G-Lubricant: AGIA (2021)

- La fricción del motor puede consumir hasta el 25% de la energía requerida para hacer funcionar el vehículo.
- Proporciona una reducción de la fricción proporcionando ahorros de energía y emisiones.
- Aumento de rendimiento.
- Menor consumo de combustible.
- Compatibilidad con aceites base lubricantes.

La empresa española GRAPHENANO ha presentado junto a su socio chino CHINT, unas baterías elaboradas con un polímero de grafeno que, en el caso de su utilización en vehículos eléctricos, permitirían una autonomía de 800 kilómetros.

- Ocupa entre un 20 y un 30 % menos que una batería de litio y se podría llegar a cargar en tan solo 5 minutos.
- Su vida útil es 4 veces superior a la de una de litio y la carga puede ser inductiva.

#### **Imagen 7:**

*Batería Grabat.*



Fuente: Grabat Graphenano Energy (2021)

En el caso de la empresa FORD utiliza grafeno en piezas de automóviles debajo de la cubierta, otras aplicaciones incluyen ánodos conductores, recubrimientos anticorrosión, baterías y neumáticos. El grafeno ayuda con la resistencia a la rodadura para que los neumáticos duren al menos un 30% más, y eso es lo mismo que con los otros sistemas de polímeros, que sostienen y mantienen más resistencia mecánica.

En las pruebas realizadas por esta compañía y sus proveedores, los componentes de la espuma con grafeno añadido han mostrado una reducción de aproximadamente un 17%, una mejora del 20% en las propiedades mecánicas y una mejora del 30% en las propiedades de resistencia al calor, en comparación con la espuma utilizada sin grafeno. (AGAI, 2018)

Nissan desde el 2018 presentó vehículos con uso de grafeno en la estructura de su carrocería, que tiene la capacidad inherente para absorber la energía del impacto; así como el uso de baterías de grafeno. (Nissan, 2018)

Mercedez-Benz desarrolla una batería basada en química de células orgánicas, grafeno y un electrolito a base de agua. La batería no contiene metales tóxicos, lo que significa que puede biodegradarse sin contaminar el medio ambiente. Estas baterías de acuerdo al director de tecnologías de la empresa, pueden contener más carga que los paquetes de lones de litio actuales y cargarse más rápido de 0 a 100% en menos de 15 minutos. (Grapnene-Info, 2020)

## **DISCUSIÓN VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

De acuerdo al análisis de los documentos revisados se pueden observar las ventajas y desventajas en la cadena de suministro automotriz de acuerdo a las oportunidades del sector:

Se observa la importancia del sector, con altos niveles de competitividad en el abastecimiento de autopartes, los corporativos globales han dado cierta autonomía a las armadoras locales, lo que ha permitido que se incremente la red de proveedores a empresas locales que por supuesto deben cumplir con los estándares de calidad internacional; buscando con esto la reducción de costos.

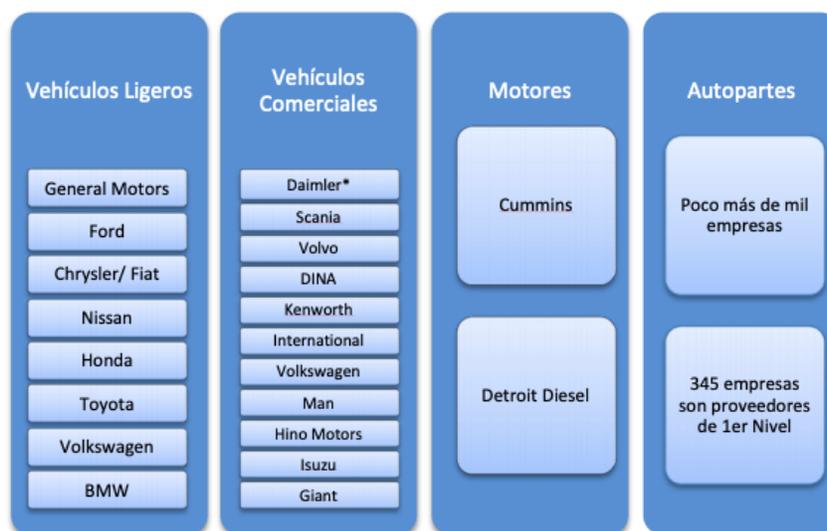
Uno de los retos de la empresa automotriz es sin duda disminuir o sustituir las importaciones de autopartes, lo que requiere el trabajo conjunto y coordinado entre organismos federales, estatales, y organismos de apoyo como CONACYT, Institutos etc.

Actualmente no existen regulaciones específicas de salud y seguridad relacionadas con el grafeno y sus procesos de producción, por lo que será un reto a corto plazo que se implementen las medidas correctas de gestión de riesgos en el lugar de trabajo; sin que esto sea un obstáculo para las empresas. Una propuesta de acuerdo a lo establecido por Zurutuza y Marinelli, (2014) para minimizar posibles riesgos dentro de la cadena de suministro, es ofrecer productos intermedios para pasar de un mercado de materiales a un mercado de componentes.

De acuerdo a la Secretaría de Economía, México cuenta con centros de proveeduría a nivel mundial, en su mayoría integrantes del nivel (Tier 1). Considerando que más del 80% de la producción de autopartes se destina a la exportación, lo anterior gracias a su mano de obra calificada y competitividad, posición geográfica y acceso preferente a otros mercados. Se cuenta con 18 de las más importantes empresas de vehículos; 2 fabricantes de motores diesel y más de 300 proveedores de primer nivel de la industria terminal.

### Imagen 8:

#### *Empresas Tier 1.*



\*Freightliner y Mercedes Benz.

Fuente: (Secretaría de Economía, 2012)

El sector automotriz tiene una cadena de suministro muy amplia y diversificada, de acuerdo a la Secretaría de Economía, los actores de mayor relevancia son: ensambladoras, proveedores y distribuidores. Los proveedores adquieren relevancia en sectores como electrónico, tecnologías de información y comunicaciones (TICs). (Secretaría de Economía, 2017).

Se concluye que los centros de diseño e innovación de nuevos productos, son una parte fundamental de la industria automotriz, como se ha mencionado anteriormente el mercado es dinámico debido a los ciclos de vida de los vehículos, las políticas gubernamentales e internacionales, sobre requisitos legales, seguridad, ambientales, entre otros.

## CONCLUSIONES Y RESULTADOS

La estandarización del grafeno a nivel internacional permitirá la creación de normas o estándares que establezcan características comunes dada la diversa gama de materiales de grafeno y materiales relacionados que se ofertan, con la finalidad de acelerar el proceso de adopción y comercialización del grafeno, lo que dará certeza a los usuarios sobre la naturaleza y la calidad de estos materiales.

Estas tecnologías emergentes inician dominado por aplicaciones de bajo volumen y alto margen a un mercado maduro, sin embargo, se espera un crecimiento exponencial con alto volumen y menor margen de ganancia.

La optimización de la logística en la cadena de suministro, en eslabones tan delicados por su costo como son el almacenamiento y el transporte, se logrará con la disponibilidad de intermediarios que permitan la integración en productos y sistemas.

El desarrollo en México se fortalece con el apoyo de CONACYT y el Laboratorio Nacional en Innovación y desarrollo de materiales ligeros para la Industria Automotriz (Laniauto) se enfoca en reducir el peso de automóviles, Incrementar la eficiencia en el consumo de combustible y reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

A pesar de lo anterior, es necesario apoyar a la inversión en investigación y desarrollo, los proveedores de primer nivel (Tier 1) está configurada en su totalidad, se pueden encontrar piezas en nuestro país de defensa a defensa según lo reportado por la Industria Nacional de Autopartes (INA); pero no sucede así con los fabricantes de insumos básicos. Algunos ejemplos son: los asientos se fabrican en México pero la tela, piel u el vinil en su mayoría son importados. Las calaveras y los faros son fabricados en nuestro país, pero los focos son importados de China y de Europa; lo mismo ocurre con la carrocería se fabrica y estampa en México, pero en su gran mayoría con acero importado.

## REFERENCIAS

- AGAI (2018). Graphene nanomaterial being used by Ford for noise reduction. Obtenido de [HTTPS://GRAPHENEINDUSTRY.ORG.AU/2018/12/GRAPHENE-NANOMATERIAL/](https://grapheneindustry.org.au/2018/12/graphene-nanomaterial/)
- AGAI (21 Junio 2021). GMG´s graphene-enhanced lubricant attracts interest across the globe. Obtenido <https://grapheneindustry.org.au/2021/01/gmg-g-lubricant/>
- Bunch, J. S. (2008). Mechanical and electrical properties of graphene sheets (Doctoral dissertation, Cornell University)
- Calderón, María Agustina, y Roark, Geraldina, y Urrutia, Silvia, y Paravié, Diana, y Rohvein, Claudia, "Metodología para la clasificación y diagnóstico de cadenas de suministro." Revista Ciencias Estratégicas 25, no. 38 (2017):279-298. Redalyc, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=151354939002>

- CamBioTec (2018). Análisis de competitividad del sector automotriz del Estado de México. Obtenido de [http://comecyt.edomex.gob.mx/media/filer\\_public/9b/b1/9bb11d63-7bb9-47ea-a7ff-598baae9cf4b/competitividad\\_sector\\_automotriz.pdf](http://comecyt.edomex.gob.mx/media/filer_public/9b/b1/9bb11d63-7bb9-47ea-a7ff-598baae9cf4b/competitividad_sector_automotriz.pdf)
- Chung, K.T. (2002). The significance of azo-reduction in the mutagenesis and carcinogenesis of azo dyes. *Mutat Res.* 114(3):269-81, 1983
- Clockspeed-based strategies for supply chain design. *Production and operations management.* 9(3), 213-221. Obtenido de [http://www.researchgate.net/publication/227600996\\_Clockspeed](http://www.researchgate.net/publication/227600996_Clockspeed)
- CONACYT (2015). Agendas estatales y regionales de Innovación – Agenda sectorial automotriz del Estado de México Obtenido de <HTTP://WWW.AGENDASINNOVACION.ORG/WP-CONTENT/UPLOADS/2015/07/4.2-AGENDA-DEL-%C3%A1REA-AUTOMOTRIZ.PDF>
- Dialogos con la Industria automotriz 2018-2024. (INA,2018) Obtenido de <https://ina.com.mx/wp-content/uploads/2021/03/Dialogo-con-la-industria-automotriz-2018-2024.pdf>
- Escobedo Torres, C. & (2018). El esenario global-local: NISSAN en Aguascalientes.
- Ferrari, A. C., Bonaccorso, F., Fal'ko, V., Novoselov, K. S., Roche, S., Bøggild, P., y otros. (2015). Science and technology roadmap for graphene, related two-dimensional crystals, and hybrid systems. *Nanoscale*, 4598-4810.
- Fine, C. (2000). Clock speed-based strategies for supply chain design. *Production and operations management.* 9(3), 213-221. Obtenido de [HTTP://WWW.RESEARCHGATE.NET/PUBLICATION/227600996\\_CLOCKSPEED](HTTP://WWW.RESEARCHGATE.NET/PUBLICATION/227600996_CLOCKSPEED)
- Graphenano manotechnologies (04 febrero 2021). Empresa española desarrolla una batería con autonomía para 800 kilómetros. Obtenido <HTTPS://WWW.GRAPHENANO.COM/UNA-EMPRESA-ESPANOLA-DESARROLLA-UNA-BATERIA-CON-AUTONOMIA-PARA-800-KILOMETROS/>
- Graphene Flagship (Marzo de 2021). Obtenido de
- Graphene-info (2020). Mercedes-Benz develops battery based on organic cell chemistry, graphene and a water-based electrolyte. Obtenido de <HTTPS://WWW.GRAPHENE-INFO.COM/MERCEDES-BENZ-DEVELOPS-BATTERY-BASED-ORGANIC-CELL-CHEMISTRY-GRAPHENE-AND-WATER>
- Harland C., Lamming R., Zheng J., Johnsen T. (2010). A Taxonomy of Supply Network. *Supply chain Management*, 37(4),21-27
- <HTTPS://GRAPHENE-FLAGSHIP.EU/GRAPHENE/UNDERSTAND/>
- INA (2020). Obtenido de [https://ina.com.mx/?page\\_id=1814](https://ina.com.mx/?page_id=1814)
- INA. (2018). Dialogo con la industria automotriz 2018-2024. Obtenido de <HTTPS://INA.COM.MX/WP-CONTENT/UPLOADS/2021/03/DIALOGO-CON-LA-INDUSTRIA-AUTOMOTRIZ-2018-2024.PDF>
- Inbound Logistics Latam Magazine (2021). SEGLO 3PL, creamos soluciones logísticas para la Industria Automotriz. Obtenido de <http://www.il-latam.com/blog/projections/seglo-3pl-creamos-soluciones-logisticas-para-la-industria-automotriz/>

- Miramontes, Antonio y Caballero, Luis. Graphenemex es líder en la producción y desarrollo de grafeno. México Industry, (2020). Obtenido de <https://mexicoindustry.com/noticia/graphenemex-es-lder-en-la-produccion-y-desarrollo-de-grafeno>
- Ortega, S.M. y Hernández, C. (2017). El grafeno y la minería en América Latina: Escenarios al 2030. ALTEC 2017. Obtenido de [HTTP://WWW.UAM.MX/ALTEC2017/PDFS/ALTEC\\_2017\\_PAPER\\_448.PDF](http://www.uam.mx/altec2017/pdfs/altec_2017_paper_448.pdf)
- Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio. (1991). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.
- Samsung Newsroom (2017). Obtenido de <https://news.samsung.com/global/samsung-develops-battery-material-with-5x-faster-charging-speed>
- Servicio Geológico Mexicano. (2014) Obtenido de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157798/Que-es-el-carbon-mineral.pdf>
- Steward G., (1997). "Supply-chain operations reference model (SCOR): the first cross-industry framework for integrated supply-chain management". Logistic Information Management 10(2), 62-67.
- Thomasnet.com (2019). Obtenido de <https://www.thomasnet.com/articles/top-suppliers/graphene-companies-manufacturers/>
- Zhu, Y., Murali, S., Cai, W., Li, X., Suk, J.W., Potts, J. R., & Ruoff, R. S. (2010). Graphene and graphene oxide: synthesis, properties, and applications. Advanced materials, 22(35), 3906-3924
- Zurutuza, A. y Marinelli, C. (octubre 2014). Challenges and opportunities in graphene commercialization. Obtenido de [www.nature.com/naturenanotechnology](http://www.nature.com/naturenanotechnology)