



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
FACULTAD

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**PROPUESTA PRÁCTICA DEL EXAMEN DE GRADO O DE FIN DE
CARRERA (DE CARÁCTER COMPLEXIVO)
INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**

**TEMA: “USOS Y APLICACIONES DEL GRAFENO Y OTROS
MATERIALES INNOVADORES EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL”**

Autor: OLMEDO RIVERA DIEGO ALEXIS

Acompañante: Ph D. CARRASQUERO RODRIGUEZ EDWUIN JESUS

Milagro, diciembre 2018

ECUADOR

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabrizio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

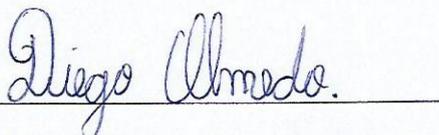
Presente.

Yo, **DIEGO ALEXIS OLMEDO RIVERA** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la propuesta práctica de la alternativa de Titulación – Examen Complexivo: Investigación Documental, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de la propuesta practica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación **PRODUCCION DE MATERIALES INDUSTRIALES** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 10 días del mes de diciembre del 2018



Firma del Estudiante

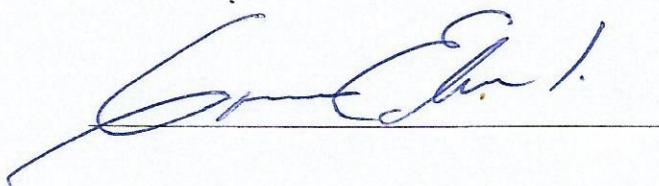
Diego Alexis Olmedo Rivera

CI:

APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Yo, **Ph D. Edwain Jesús Carrasquero Rodríguez**, en mi calidad de tutor de la Investigación Documental como Propuesta práctica del Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo), elaborado por el estudiante **Diego Alexis Olmedo Rivera**, cuyo título es **“USOS Y APLICACIONES DEL GRAFENO Y OTROS MATERIALES INNOVADORES EN LA INGENIERIA INDUSTRIAL”**, que aporta a la Línea de Investigación **Producción y Materiales Industriales** previo a la obtención del Grado de **Ingeniero Industrial**; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo) de la Universidad Estatal de Milagro.

En la ciudad de Milagro, a los 10 días del mes de diciembre de 2018.



Nombre del Tutor: Ph D. Edwain J., Carrasquero
Tutor
C.I.: 0961545613

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

PhD. EDWUIN JESUS CARRASQUERO RODRIGUEZ

Msc. JOSE MARTIN MUÑOZ SALCEDO

Msc. JAVIER ALEXANDER ALCAZAR ESPINOZA

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta práctica, previo a la obtención del título (o grado académico) de Ingeniero Industrial presentado por el señor Olmedo Rivera Diego Alexis.

Con el tema de trabajo de titulación: **“USOS Y APLICACIONES DEL GRAFENO Y OTROS MATERIALES INNOVADORES EN LA INGENIERIA INDUSTRIAL”**. REVISION BIBLIOGRAFICA

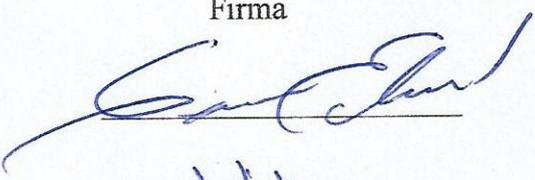
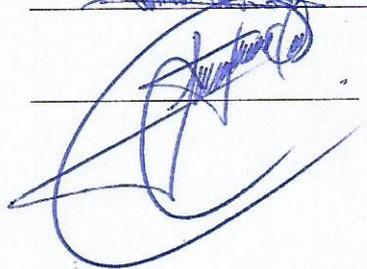
Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

Investigación documental	[75]
Defensa oral	[18,67]
Total	[93,67]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) _____

Fecha: 10 de diciembre del 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Ph D. CARRASQUERO RODRIGUEZ EDWUIN JESUS.	
Secretario /a	Msc. MUÑOZ SALCEDO JOSE MARTIN.	
Integrante	Msc. ALCAZAR ESPINOZA JAVIER ALEXANDER.	

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo, va dedicado principalmente a Dios luego a mi familia, novia y amistades que me han sabido apoyar en los momentos que más lo necesitaba, a mi abuelito Rodolfo Olmedo, y a todos los lectores interesados en saber sobre el surgimiento de las nuevas tecnologías y materiales que se están desarrollando y los grandes resultados que en un futuro traerá consigo a la ingeniería industrial.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres a mis abuelos tanto paternos como maternos, y a toda mi familia, que estuvieron en los momentos oportunos y supieron brindarme todo su apoyo cuando más lo necesitaba, a mi hermana Marjorie Yadira Olmedo Rivera que siempre voy a estar para ella en todo momento, que con esta meta alcanzada en mi vida académica, no exista obstáculo alguno que detenga los objetivos que se proponga.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	9
METODOLOGÍA	20
DESARROLLO DEL TEMA	23
CONCLUSIONES	27
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la metodología de investigación.....	22
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tecnologías y productos de una impresora 3D	18
--	----

USOS Y APLICACIONES DEL GRAFENO Y OTROS MATERIALES INNOVADORES EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

RESUMEN

La presente investigación documental desarrolla una recopilación bibliográfica para determinar los usos y aplicaciones del grafeno y otros materiales innovadores en la ingeniería industrial. Para la consecución del estudio, se ha desarrollado un objetivo general; es así que delimitado por éste último, se elaboró un marco teórico conceptual, partiendo de precedentes. En tanto, el enfoque metodológico seleccionado fue de carácter cualitativo, en vista de que se realizó una revisión y análisis de bases de datos bibliográficos, entre ellos ELSEVIER, SCOPUS, SCIELO, artículos científico-académicos y repositorios de universidad del Ecuador y universidades internacionales. Siendo así, en el desarrollo temático se estableció que el grafeno es un material nanotecnológico, formado por átomos de carbono. Este elemento es un causal de vastas investigaciones, debido a sus propiedades singulares, convirtiéndolo en una herramienta de aplicación en los diferentes campos de la ciencia, tecnología e ingeniería. Por ello, conforme con los antecedentes estimados sobre las características que éste posee, se ha dado pie a la invención de materiales e inclusive materia prima que permitirá el desarrollo del campo industrial, pudiendo ser utilizado ampliamente como una barrera contra la corrosión, optimizando las propiedades mecánicas de los recubrimientos y obteniendo funciones innovadoras. En el trabajo se estima el aporte de varios autores, quienes a través de su ingenio han dado lugar a ideas para el progreso del área industrial. Sin duda alguna, pese a las limitaciones económicas para el desarrollo óptimo de este material, varios investigadores aseguran que su uso y aplicación podría mejorar la calidad de vida de la sociedad; mitigando el impacto ambiental que generan varias industrias y convirtiéndose en el material clave de la próxima revolución industrial. En conclusión, el grafeno para los diferentes usos industriales contribuye ampliamente en características de anti-estaticidad, resistencia a la corrosión y desgaste.

PALABRAS CLAVE: Grafeno, Aplicaciones, Ingeniería, Industrial.

USES AND APPLICATIONS OF GRAPHENE AND OTHER INNOVATIVE MATERIALS IN INDUSTRIAL ENGINEERING

ABSTRACT

The present documentary research will develop a bibliographic compilation to determine the uses and applications of graphene and other innovative materials in industrial engineering. To achieve the study, a general objective has been developed; Thus, delimited by the latter, a conceptual theoretical framework was elaborated, starting from precedents. Meanwhile, the methodological approach selected was of a qualitative nature, in view of the review and analysis of bibliographic databases, including ELSEVIER, SCOPUS, SCIELO, scientific-academic articles and repositories of the University of Ecuador and international universities. Thus, in the thematic development it is shown that the graph is a nanotechnological material, formed by carbon atoms. This element is a cause of research, due to its unique properties, making it an application tool in the different fields of science, technology and engineering. Therefore, according to the background the characteristics that have been seen are estimated, the cake has been given to the invention of the materials and the raw material that has been developed in the industrial field has been included, it has been used as a barrier against corrosion, optimizing the mechanical properties of the coatings and obtaining innovative functions. In the work the contribution of several authors is estimated, who through their ingenuity have given rise to ideas for the progress of the industrial area. Undoubtedly, despite the economic limitations for the optimal development of this material, several researchers ensure its use and the application of the quality of life of society; mitigating the environmental impact generated by various industries and becoming the key material of the next industrial revolution. In conclusion, the industry's goal of resistance to corrosion and wear.

KEY WORDS: Grafeno, Aplicaciones, Ingeniería, Industrial.

INTRODUCCIÓN

Las necesidades humanas han sido cada vez más grandes y exigentes, es por ello que con el paso del tiempo se ha tornado indispensable el requerimiento de materiales con propiedades más eficientes y mejores. Según Serrano (2011) con la llegada de la era industrial se dio origen al consumo, acompañado de la instauración de nuevos sectores como la ingeniería, ciencia y tecnología; dando lugar a la aparición de nuevos materiales y elementos que facilitaron y siguen facilitando la vida humana. No obstante, a lo largo de este crecimiento histórico, sobre la vasta cantidad de materiales que dispone el ser humano, aun se pretende encontrar materiales sustitutos cuyas funciones posibiliten optimizar el comportamiento mecánico de los mismos.

La ingeniería, día con día, es capaz de innovar no solamente procesos, sino pretende optimizar dichos procesos a través del descubrimiento y desarrollo de nuevos materiales que terminan instaurándose en el diario vivir; generando un gran impacto en la ciencia, tecnología y economía. Por tanto, Rodríguez (2012) destaca que la continua innovación en el diseño, proceso o fabricación de productos finales, han posibilitado acrecentar las eficiencias en la materia prima, ahorrando otro tipo de materiales menos indispensables y reduciendo considerablemente la inversión que se desarrolla en dichos procesos.

En la actualidad, es notable los descubrimientos en el área de la nanotecnología y por ende en la nanomecánica de los materiales; este hecho, predispuso al grafeno como uno de los elementos más prometedores en el campo nanotecnológico, cobrando un interés relevante en materia de ingeniería.

De acuerdo con los aportes de Vargas (2013) el término grafeno, en la actualidad, es usualmente mencionado para referirse a un elemento estructurado por minúsculas láminas, es caracterizado por ser un material nanométrico, constituido por átomos de carbono intrínsecamente vinculados en una superficie uniforme. Es uno de los materiales con más resistencia, inclusive mucho más fuerte que el acero, a pesar de que su espesor es homólogo; posee una propiedad mucho más dura y firme que el diamante; no obstante, su grosor fluctúa entre los 1 y 10 átomos de carbono.

Desde su descubrimiento en el 2004, las investigaciones sobre las propiedades y las aplicaciones sobre el grafeno han sido continuas; aunque muchas de ellas se han catalogado como potenciales, muchas de éstas fueron llevadas a la práctica. Vastos son los descubrimientos que se han obtenido a partir de este material, sus usos incluyen desde el factor eléctrico, hasta la futura estructuración de ascensores espaciales. Al ser un elemento muy fino, ésta característica supone la atención de varios investigadores, en vista de que es considerado como una de las herramientas óptimas para la fabricación de transistores mucho más eficaces que los de silicio, así como la construcción de nuevos paneles solares, componentes delgados, elásticos y sobretodo más resistentes.

Sin lugar a dudas, el grafeno compone un conjunto de propiedades únicas y sorprendentes, siendo la alta movilidad electrónica, alta transparencia óptica y alta conductividad térmica, indispensable para próximas aplicaciones. Pues, adicional a su significativo valor científico, este material es de considerable interés industrial, debido a que posibilitará delimitar una técnica para dar lugar al grafeno de manera más eficaz.

Es necesario destacar que por las complicaciones y limitaciones para su fabricación y su alto costo, en la actualidad, el grafeno es aplicado escasamente en la escala industrial; no obstante, éste no ha sido un condicionamiento para la estructuración de láminas de hasta dos metros de largo.

Por otro lado, para Miles (2011) otras innovaciones integradas permiten una óptima funcionalidad de cualquier proceso, es así que este tipo de elementos innovadores emergen a cada instante con la intención de solventar problemas puntuales que han sido el resultado de un legado de las técnicas industriales más comunes. Lo que se espera es incorporar nuevos métodos de manufactura, reciclaje, contribuyendo al abaratamiento de costos, aportando al cuidado ambiental y principalmente decreciendo la huella de carbono.

En tal sentido, se han encontrado materiales cuyas aplicaciones optimizan las funciones usuales, teniendo propiedades mecánicas y posibilitando el desarrollo de cualquier campo. Es por tanto, que dichos materiales contribuyen a la evolución de la ingeniería industrial, pese a que sus funciones aún se consideran un tanto limitadas por su reciente descubrimiento, en un futuro posibilitarían una gran dinamización y apoyo en los diferentes procesos de producción; reconfigurando el mundo que rodea al individuo.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

El ser humano, a lo largo de su evolución, se ha destacado principalmente por su creatividad e ingenio para dar lugar a la innovación de materiales y productos, aquello con la intención de encontrar nuevas y óptimas maneras de dinamizar las actividades que día a día desarrolla. Así también, la necesidad de mitigar los problemas relacionados con la contaminación ambiental y la reducción de carbono, ha llevado a varios investigadores al descubrimiento e incluso desarrollo de nuevos elementos que permitan contrarrestar con los inconvenientes relacionados en este contexto. Por otro lado, el hecho de simplificar el diario vivir de empresas y organizaciones ha traído consigo el que estos nuevos inventos se apliquen en el campo de la ingeniería industrial, dinamizando en gran medida los obsoletos materiales y herramientas de apoyo, así como sus procesos.

Dicho esto, uno de los problemas principales a lo que se enfrenta el campo industrial es el factor ambiental, puesto que la materia prima, los equipos y herramientas que se aplican en los distintos procesos industriales, ha dado lugar al deterioro del medio ambiente. Según señala, Aguilar, Toaboda y Ramírez (2015) desde una perspectiva económica, los recursos han sido explotados con la intención de obtener materia prima en menor tiempo, aquello ha conducido a una evolución negativa del medio ambiente, proponiendo la necesidad de conservarlo.

Varias son las investigaciones que pretenden mitigar o de cierta forma contrarrestar el impacto ambiental negativo que se da en el día a día; es por ello que, científicos han considerado la significancia de buscar materiales o elementos que reemplacen aquellos que son un causal de la contaminación del medio ambiente. Siendo así, los materiales como el grafeno, constituyen un factor idóneo y un precedente para la futura ingeniería.

Por otro lado, la ingeniería industrial, es el punto articulador entre la sociedad y la empresa, en vista de que es la rama encargada en optimizar los recursos para producir más bienes que serán colectivizados por el cuerpo social. Aquello implica, la búsqueda de materiales mucho más verdaderos, eficientes y sostenibles, que contribuyan intrínsecamente con estructuras eficaces, económicas, versátiles y sobretodo integradas de manera óptima al cuidado ambiental. Si bien es cierto, la nueva era tecnología ha facilitado las respectivas soluciones vinculadas a la innovación de propuestas en este campo; no obstante, es necesario destacar que dichos materiales aún posee limitaciones en cuanto a su uso o aplicación en la ingeniería industrial.

Considerando lo anterior, es importante dar cabida a las búsqueda de soluciones sostenibles, y que mejor con materiales innovadores que apliquen principios de sostenibilidad, prevención y resolución medioambiental. Siendo así, Anaya y Acosta (2010) afirman que los adelantos científicos y tecnológicos que se desarrollan vertiginosamente día con día, permiten una dinamización sustancial en el proceso industrial; estos cambios optimizan la eficacia en los procesos a través de materiales únicos y novedosos, convirtiéndose en instrumentos de gestión de índole preventiva y correctiva.

Sin embargo, numerosos son los obstáculos que hay que atravesar para el cumplimiento de las expectativas depositadas en materiales como el grafeno y otros que emergen con las nuevas investigaciones. Pese a que a los nuevos materiales se les atribuyen un sinfín de propiedades y singularidades, es importante considerar que aún se requieren otros años de investigación para que éstos sean empleados como materia prima, maquinaria, soluciones de producción, entre otros.

1.2 Objetivos

Objetivo General

- Determinar los usos y aplicaciones del grafeno y otros materiales innovadores en la ingeniería industrial.

Objetivos Específicos

- Analizar la literatura científica y académica a fin de identificar la importancia del grafeno y materiales innovadores en la ingeniería industrial.

- Identificar las propiedades del grafeno y su contribución en el ámbito de la ingeniería industrial.
- Establecer la importancia del grafeno y materiales innovadores para el desarrollo de la ingeniería industrial.

1.3 Justificación

El presente trabajo merece ser estudiado debido a la importancia de la investigación del grafeno y otros materiales innovadores en el área de la ingeniería industrial. Si bien es cierto, el grafeno es un elemento, cuyas características y propiedades, han permitido delimitarse como un material idóneo para los distintos campos de aplicación, posibilitando reemplazar el uso de materiales que causan contaminación ambiental.

Es así que, el trabajo de investigación tiene como propósito recopilar información a partir de bases teóricas y precedentes, debido a que sería de gran utilidad desarrollar una compilación ordenada y sistemática acerca aquellos materiales que aportarían en el desarrollo del campo industrial. Por lo tanto, el presente trabajo, tiene un impacto positivo, puesto que se constituye como apoyo para futuras investigaciones vinculadas al tema en cuestión.

Es necesario destacar que el desarrollo de este estudio es factible, en vista de que se cuenta con todas las herramientas necesarias para llevarlo a cabo; en primera instancia, se cuenta con el apoyo del tutor, quien con sus conocimientos, permitirá la realización completa y objetiva del trabajo. Por otro lado, también se considera la bibliografía necesaria para la realización de toda la investigación. Por último, es intrínseco mencionar que la presente no requiere de vastos recursos económicos, permitiendo el cumplimiento óptimo de la investigación.

Finalmente, este trabajo es original y novedoso, pues, pese a que existen investigaciones relacionadas con las propiedades del grafeno, aún son escasas las investigaciones sobre el mismo en la ingeniería industrial. Adicional a ello, esta investigación constituye un precedente para posteriores trabajos direccionados en la misma línea investigativa.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes Históricos

Según los datos de Hernández y Quiroz (2015) “con el paso de los años el ser humano ha dado lugar al avance de su conocimiento y conquista sobre el medio que lo rodea” (p. 3). Así también el desarrollo industrial, llevó a cabo a una sociedad consumista, abriendo paso a nuevos campos como la electrónica. Además el ocio de masas permitió el crecimiento vertiginoso y aparición de nuevos materiales, con toques de estética y seguridad, aunado a ello un menor costo de fabricación y mantenimiento; es decir materiales cerámicos, polímeros, compuestos, entre otros. En la actualidad, el avance tecnológico ha dado lugar a un amplio desarrollo en el área nanotecnológica, aunque solamente hace algunas décadas se dio paso a su conocimiento.

Por su parte, Rodríguez (2012) indica que uno de los primeros conceptos e investigaciones sobre la nanotecnología es el tunelamiento, éste fue investigado por Gamow, un físico nuclear, quien al finalizar la década de los años 20 del siglo pasado, explicó la salida de partículas alfa del núcleo; aquello como desencadenante de un decaimiento alfa radioactivo. Adicionalmente, en 1981 Binnig y sus colegas, emplearon el tunelamiento. Como resultado se obtuvo la primera imagen STM de una superficie de Oro; esta investigación constituyó un precedente importante para el diseño de un Microscopio de Efecto Túnel (STM). Desde entonces el STM se ha considerado como un elemento de gran impacto tecnológico y relevante, que posibilita la observación de átomos en un espacio real.

Según estima Araque (2015) a través de los años se fue comprendiendo de mejor manera el tunelamiento; mientras tanto, gracias a la invención del STM se inició con el desarrollo e invención de otros microscopios, tomando como referencia el construido por Binnig; éste está elaborado en base a grafito, material cuya termodinámica es mucho más estable que otros materiales, pues cada capa de grafito está estructurado por capas de grafeno.

En lo que concierne al grafeno, ha sido estudiado teóricamente a mediados del siglo pasado por Wallace; es así que las estructuras de tipo grafeno se empezaron a conocer en los años 60; aunque es evidente que existió escollos experimentales debido a la poca tecnología con que se contaba en la época. No obstante, en el 2004, se logró aislar la capa de grafeno; es a partir de entonces que, en el mismo año se publica un artículo con la intención de describir la fabricación, identificación y caracterización de este material.

Finalmente, Latorre (2015) señala que para el aislamiento de la capa de grafeno se utilizó una técnica sencilla y eficaz de exfoliación mecánica, de manera que permitió la extracción de monocapas de grafeno desde un cristal de grafito; apoyándose con materiales como cinta adhesiva y para después transferir dichas monocapas en sustrato de silicio. Actualmente, existe vastos métodos o técnicas que se pueden emplear para la elaboración de monocapas de Grafeno; uno de éstos es a partir de acrecentamiento de láminas de Grafeno desde sustrato de Silicio.

Por lo tanto, es necesario destacar que desde el hallazgo del Grafeno, se ha desarrollado una vasta cantidad de artículos y tesis vinculados con la obtención de este material, características, propiedades y aplicaciones; y los beneficios que puede traer consigo en el área que se desee utilizar. En la ingeniería industrial aún existen escollos para su aplicación; no obstante aún se sigue trabajando en este ámbito.

2.2 Grafeno

El grafeno es una tecnología disruptiva; una que podría abrir nuevos mercados e incluso reemplazar tecnologías o materiales existentes. Cuando se utiliza el grafeno para mejorar un material existente y en una capacidad de transformación, se puede realizar su verdadero potencial.

Según indica Abdel Elsherif y Handal (2017) “la expresión Grafeno proviene del término anglosajón *graphene*, cuyo prefijo es *graph* de grafito y su sufijo *ene* hace referencia a los dos enlaces de carbono (C-C)” (p. 93). En los últimos años han sido testigos de una revolución en el grafeno y sus aplicaciones. En la actualidad, es un tema de apogeo en los círculos de ciencia e ingeniería, desarrollando más y más interés. Este cristal de carbono de un átomo de espesor tiene propiedades fisicoquímicas distintivas, un tremendo rendimiento mecánico y una extraordinaria conductividad eléctrica y térmica.

Para Méndez y Enciso (2011)

El grafeno es uno de esos materiales que, como quimera química, surgió primero en la mente de los físicos y químicos teóricos, quienes lo modelaron y estudiaron en sus computadoras, para concluir que un material con dicha estructura y propiedades sería muy inestable. (p. 72)

Analizado en el microscopio el grafeno puede ser visibilizado como una tela arrugada, dicho de otra forma, una película plana con minúsculas ondulaciones. No obstante, la superficie del grafeno en temperaturas bajas puede ser vista como una lámina plana. Para Zhu et al. (2018) la forma más sencilla de describir al grafeno es que se trata de una capa única y delgada de grafito: el material blando y escamoso que se utiliza en el lápiz. El grafito es un alótropo del elemento carbono, lo que significa que posee los mismos átomos pero están dispuestos de una manera diferente, otorgando al material varias propiedades.

En las muestras de grafeno, la capa de espesor atómico es compatible mecánicamente y, por lo tanto, las láminas, también denominadas plaquetas, a menudo están arrugadas y, en muchas aplicaciones, los átomos de carbono en el plano basal están funcionalizados con varios grupos químicos para permitir su aplicación en los diferentes campos de la ciencia y tecnología.

Conforme con los aportes de Ren, Rong y Yu (2018)

Antes de ser aislado la monocapa de grafeno en el año 2004, se consideraba que los compuestos bidimensionales no podían existir, aquello por causa de la inestabilidad térmica cuando éstos se separaban. No obstante, una vez aislado el grafeno se consideró real; este hecho llevo a los científicos algún tiempo describir como lo realizaron. (p. 1941)

Es así que, después de que las hojas de grafeno suspendidas se estudiaron a través de microscopía electrónica de transmisión, los investigadores consideraron la razón por las cuales el grafeno es un material único, atribuyendo a sus ligeras ondulaciones. Pese a ello, investigaciones posteriores plantearon que aquello se debe a que los enlaces de carbono a carbono (C-C) son tan minúsculos y fuertes que evitan que las fluctuaciones térmicas lo desestabilicen.

Características y propiedades del grafeno

Existe una gran cantidad de productos, procesos e industrias para los cuales el grafeno podría crear un impacto significativo, todo se deriva de sus increíbles propiedades. Ningún otro material tiene la amplitud que el grafeno presume, lo que lo hace ideal para innumerables aplicaciones.

De acuerdo con Ren, Rong y Yu (2018) las propiedades del grafeno son singulares, por lo que representa un material altamente beneficioso en las diferentes industrias, se caracteriza porque es un elemento mucho más resistente que el acero, sin embargo, es sumamente ligero y flexible; pese a ser transparente es conductor eléctrico y térmico. Así también, es el primer material 2D del mundo y es un millón de veces más pequeño que el diámetro de un solo cabello humano. La combinación de todas las increíbles propiedades del grafeno podría crear un impacto en la revolución industrial; aunque el paso tecnológico, obtenido por el grafeno es colosal, todavía existen brechas del material, que deben ser investigadas para su correcta aplicación en los diferentes campos de la tecnología, ingeniería y ciencia.

Para Abdel Elsherif y Handal (2017) el grafeno “es el material más delgado y fuerte conocido; es un excelente conductor de calor y electricidad; barrera de humedad efectiva; conductividad eléctrica similar al cobre; densidad cuatro veces menor que el cobre; conductividad térmica cinco veces mayor que la del cobre” (p. 95).

En tanto, Ferrari y Basko (2013) destacan que:

Aunque el grafeno es estructuralmente estable y moderadamente químicamente inerte, el procesamiento químico como la oxidación o la fluoración puede romper el enlace de carbono e introducir grupos funcionales en el grafeno, lo que aporta una mayor variedad de propiedades y funciones. (p. 92)

Así también, una de las razones por las cuales varios investigadores están interesados en las propiedades del grafeno, es por su característica nanotecnológica. Según señala Morán (2015) el grafeno presenta propiedades electrónicas, puesto que la ubicación y disposición atómica exclusiva de los átomos de carbono, permiten que sus electrones viajen fácilmente a una velocidad extremadamente alta, por lo que se le ha catalogado como uno de los mejores conductores eléctricos en la Tierra. Esta característica permite un ahorro de energía, dado que en la mayor parte de conductores se pierde. Por su parte, científicos han descubierto que el grafeno es capaz de transportar energía inclusive en el límite de una concentración nominal de portador cero, dado que sus electrones no disminuyen su

velocidad; aquello significa que el grafeno nunca deja de conducir. Igualmente se detectó que este material viaja mucho más rápido que los electrones en otro tipo de semiconductores.

Se ha mencionado que el grafeno presenta características como rigidez, fuerza y tenacidad; es así que conforme con las propiedades mecánicas López (2015) señala que son motivos por los cuales se destaca como un material individual y como un agente de refuerzo en materiales compuestos. Es por ello que varios son los grupos de investigación a nivel mundial que están trabajando en el desarrollo de láminas de grafeno de fabricación industrial; para ello se está considerando que dicha láminas tengan una estructura altamente resistente y tenaz en todas sus direcciones, dando lugar a vastas aplicaciones como compuestos a base de grafeno y llegar al área vehicular, optoelectrónica e implantes neuronales.

Usos y Aplicaciones del grafeno

El grafeno ha revolucionado la frontera científica en nanociencia y física de la materia condensada, debido a sus extraordinarias propiedades eléctricas, físicas y químicas. Proyectado como una posible sustitución del silicio en la electrónica y las aplicaciones en muchas otras tecnologías avanzadas, el grafeno ha despertado un gran interés en muchos equipos de investigación en todo el mundo. Anteriormente, se había hecho mención de la extraordinaria fuerza del grafeno, a pesar de ser un material muy delgado, aquello lo convierte en un elemento flexible. Del mismo modo, presenta características como transparencia, altamente conductor y aparentemente impermeable a la mayoría de los gases y líquidos; por lo que constituye una herramienta idónea para el desarrollo de invenciones versátiles.

Uno de los usos o aplicaciones de este material es su excelente propiedad de filtración y de resistencia, para Ferrari y Basko (2013) las membranas de óxido de grafeno son capaces de formar una barrera perfecta cuando se trata de líquidos y gases. Pueden separar efectivamente el solvente orgánico del agua y eliminar el líquido de una mezcla de gases a un nivel excepcional. Incluso se ha comprobado que detienen el helio, el gas más difícil de bloquear. En tanto, también puede ser utilizado en compuestos y recubiertos, dado que el grafeno es un material con una gran cantidad de cualidades sobresalientes; fuerza, flexibilidad, ligereza y conductividad. Al combinar el grafeno con la pintura, se forma un

revestimiento único de grafeno que podría indicar el final del deterioro de los barcos y automóviles a través del óxido.

Por su parte, Ren, Rong y Yu (2018) señala que es un material aplicable en el área energética, pues el grafeno podría aumentar dramáticamente la vida útil de una batería tradicional de iones de litio, lo que significa que los dispositivos se pueden cargar con mayor rapidez y retener más energía durante más tiempo. Así también, compone un elemento importante en la biomédica, puesto que las propiedades únicas del grafeno permiten aplicaciones biomédicas innovadoras, como la administración dirigida de medicamentos; mejor manipulación de instrumentos quirúrgicos en la neurociencia; kits de prueba de salud de bricolaje e implantes inteligentes. Por último, Ferrari y Basko (2013) indica que otra de las áreas beneficiosas a causa del grafeno es la electrónica, el grafeno tiene el potencial de crear la próxima generación de productos electrónicos actualmente limitados a la ciencia ficción. Transistores más rápidos; semiconductores; teléfonos flexibles y otros aparatos electrónicos.

El grafeno también evidencia un uso óptimo en el almacenamiento de energía y células solares. Según señala Brunch (2008) “los nanomateriales basados en este elemento poseen muchas aplicaciones prometedoras en el campo de la energía; pues los electrodos de grafeno pueden llevar a un enfoque prometedor para fabricar células solares que sean económicas, ligeras y flexibles” (p. 57). Aquello impacta de manera drástica en el campo de la energía, en donde el grafeno tendrá un impacto en las células solares, los súper capacitadores, las baterías de grafeno y la catálisis para las células de combustible. No obstante, antes de que los nanomateriales y dispositivos basados en grafeno se encuentren un uso comercial generalizado, deben resolverse dos problemas importantes; el primero es la preparación de nanomateriales basados en grafeno con estructuras bien definidas y el otro es la fabricación controlable de estos materiales en dispositivos funcionales.

Usos y aplicaciones del grafeno en la ingeniería industrial

El grafeno es un material que está abierto a todas las posibilidades en cuanto a ciencia e ingeniería se refiere. Es por ello que el ámbito industrial no se queda atrás, varias son las investigaciones que están orientadas al desarrollo de esta área, uno de los aportes para dicho avance se puede evidenciar en la publicación de Rodríguez (2012) quien realiza una investigación para el desarrollo de nanocompositos poliméricos a partir de las láminas de

óxido de grafeno. Para este trabajo investigativo, se utilizó grafeno oxidado y grafeno oxidado injertado con queratina, se emplearon estos materiales como nanorefuerzos; estos nanocompositos se sintetizaron a través de un método de moldeado y evaporación de solvente. Este estudio determinó un aspecto intrínseco entre grafeno y la manipulación de materiales como el polímero. Es así que, el propósito de ciertos tipos de plásticos o polímeros, cuyas características son importantes para aplicaciones y producciones, permitirá el desarrollo de herramientas significativas del entorno humano. Por tanto, a través del estudio proporcionado por Rodríguez (2012) se podrá dinamizar los procesos de producción de materiales poliméricos a partir de los nanocompositos de polímero desarrollados a partir del grafeno.

Metalysis (2017) es una compañía que se dedica a la producción de metales en masa; sin embargo, también desarrolla investigaciones acerca de los mismos o afines a éste. Sus nuevos estudios anunciaron el desarrollo de un nuevo material de grafeno sintetizado, cuyas propiedades poseen un potencial para la producción industrial a futuro. Para la fabricación de este material se empleó tecnología electroquímica de fabricación de polvo y metal, utilizando el propio proceso de la empresa.

Esta compañía sintetizó monocapas de grafeno sin generar impacto alguno en los costos operativos o de producción en el negocio de polvo metálico; por lo que lo convierte en unas de las empresas pioneras en sintetizar el grafeno en masa como materia prima metálica. La producción de grafeno en Metalysis podría incorporarse en mercados lucrativos a los que ya está atendiendo; llegando a aumentar la capacidad de producción de polvos multi-metálicos, nicho altamente rentable, a miles de toneladas por año. La producción de grafeno en Metalysis representa una valiosa oportunidad para obtener ingresos adicionales para el núcleo de titanio y el negocio de producción de polvo de tantalio y metal, mismo que sirve principalmente a la industria de impresión 3D. Además la síntesis del grafeno que maneja Metalysis, constituye un proceso de bajo costo y respetuoso con el medio ambiente que los métodos tradicionales de producción de metales.

Por otro lado, Thanh et al. (2018) exponen que el Centro de Innovación de Ingeniería de Grafeno (GEIC, por sus siglas en inglés), acordó la primera un vasta serie de asociaciones industriales para acelerar la comercialización del grafeno; aquello con el propósito de determinar oportunidades para desarrollar y comercializar productos y aplicaciones de grafeno. El GEIC, fue desarrollado con la intención de acelerar la comercialización de

aplicaciones, usos y la transición del grafeno y otros materiales 2D desde el laboratorio hasta el mercado; permitiendo ayudar a los proyectos que acelerarán el desarrollo de productos y procesos y la entrada al mercado.

El grafeno en el área industrial puede ser empleado como un elemento contra la corrosión de materiales; según Gago et al. (2016) este material sería utilizado en el desarrollo de tintas conductoras para electrónica impresa, así como material para la aplicación de barrera en pinturas y barnices. Asimismo, al ser un elemento de alta inercia, puede ser útil como un impedimento contra el desgaste frente a factores biológico-ambientales como el agua y oxígeno; permite optimizar las características mecánicas de los recubrimientos posibilitando la obtención de mejoras en sus funcionalidades.

No obstante, el grafeno da lugar a cúmulos de vastas micras, las cuales con sus consistentes interacciones entre sus láminas, obstaculizan su diseminación decreciendo vertiginosamente su efectividad y dinamizando sus propiedades en base al estado de diseminación. Es aquí, en donde su uso puede verse restringido debido a sus márgenes de exfoliación y diseminación de las nanopartículas de resina, limitando la preparación exitosa de éste. Sin embargo, con el paso del tiempo, dentro de 5 o 10 años será posible su aprovechamiento de resistencia para otras aplicaciones de índole estructural, dando lugar al recubrimiento de materiales para afianzar su resistencia.

Por otro lado, Cabanes (2015) menciona que “el grafeno constituye un material único, puesto que su capacidad contra la corrosión de materiales lo convierte en una herramienta idónea en la ingeniería” (p. 15). Al recubrir elementos como el acero inoxidable, polímeros, vidrios, entre otros, el grafeno brinda láminas protectoras que dan lugar a una alta resistencia a la abrasión; así como la protección al desgaste en la superficie, otorgando una óptima transparencia óptica.

Estos recubrimientos anticorrosivos están desarrollados para la protección de metales, de manera particular, para aquellos que son frágiles al desgaste, siendo en este caso el acero al carbón. No obstante, también se ha desarrollado protectores para plásticos, específicamente para el polimetilmetacrilato, un componente cuya comercialización es vasta debido a su alta transparencia, inclusive más que el vidrio; una de las desventajas que presente este material es la susceptibilidad al rayado, por lo que su durabilidad decrece de forma

vertiginosa. Es así que, con el grafeno, el material puede tener muchas más resistencia y presentar menores desgates.

En principio, la vida útil de las máquinas es ilimitada; no obstante con la llegada del grafeno esta perspectiva puede dar un cambio radical. Miskin et al. (2018) emplearon una serie de procedimientos a partir del grafeno para desarrollar maquinaria altamente resistente, el equipo utilizó la deposición de la capa atómica para crear sus biomorfos, un proceso que les permitió cultivar películas con espesores extremadamente precisos. Este tipo de control es fundamental para la construcción de máquinas a escala celular. Las máquinas resultantes se despliegan libremente en soluciones, pudiendo transportar cargas lo suficientemente grandes como para soportar componentes electrónicos integrados y pueden fabricarse en masa. Una maquinaria resistente ofrece una gama de funcionalidades electrónicas, ópticas y químicas que están bien caracterizadas y son sintonizables. Finalmente, los materiales con alta resistencia poseen una estabilidad térmica, química y mecánica extrema, lo que garantiza que los dispositivos finales serán resistentes a grandes variaciones de temperatura y entornos cáusticos, además de que resisten las deformaciones de estiramiento involuntarias y se doblan sin deslizamiento ni relajación de tensión.

Limitaciones del grafeno

Existe una interminable lista de fortalezas del grafeno y los científicos esperan verlo en todas partes. No obstante, el grafeno aún no ha sido ampliamente adoptado, en vista de que se necesita vastos recursos económicos para llevar a cabo las iniciativas que están mente de varios investigadores. Pues el grafeno es un material extremadamente caro de producir en grandes cantidades, trayendo consigo la limitación de uso y aplicación en cualquier producto que requiera una producción en masa. Por otro lado, cuando se producen grandes láminas de grafeno, se incrementa el riesgo de la aparición de pequeñas fisuras y otras fallas en el material. Es así que no importa el increíble descubrimiento científico de cualquier material innovador, la economía siempre jugará un papel importante para su desarrollo.

Por otro lado, si se deja de lado los problemas de producción, la investigación del grafeno continúa en pie en los laboratorios de investigación de todo el mundo, una de estas en la Universidad de Manchester, lugar en donde se descubrió el grafeno por primera vez. Paz (2018) recalca que varios son los institutos científicos-investigativos en donde se están continuamente registrando patentes para la creación de nuevos métodos de creación del y

uso del grafeno. El gobierno de varios países europeos han aprobado la financiación de proyectos destinados a la investigación del grafeno en la electrónica; así también, muchas de las principales empresas de tecnología en Asia están realizando investigaciones sobre el grafeno, incluido el gigante móvil Samsung. A medida que la UE intenta estabilizarse ante el crecimiento económico explosivo en Asia, el grafeno podría ser un campo de batalla importante en la política internacional en los próximos años. Una vez más, los imperios a menudo suben y bajan según su control de los recursos.

Pese a la existencia de limitaciones actuales, los investigadores desarrollan ideas innovadoras para el uso y aplicación del grafeno en todo tipo de herramientas indispensables para el hombre. Las revoluciones no transcurren de la noche a la mañana, un claro ejemplo es el Silicio, material descubierto a mediados del siglo XIX, sin embargo pasó casi un siglo para que los semiconductores de éste, allanaran el camino y dieran lugar al auge de las computadoras. Quizá ese también sea el destino para el grafeno, el tiempo es un determinante importante para el desarrollo de una nueva tecnología.

2.3 Otros Materiales Innovadores en la Ingeniería Industrial

Impresoras de materiales en 3D desarrolladas por ingenieros

Shankar (2015) señala que las impresoras 3D también conocido como impresión 3D de fabricación aditiva, crean productos físicos a partir de un archivo de diseño digital al unir o formar materiales de sustrato de entrada utilizando un enfoque de impresión capa a capa.

Tabla 1. Tecnologías y productos de una impresora 3D

Tecnología 3D	Producto Final
Foto-polimerización	Plásticos, cerámicos y cera.
Extrusión de material	Plásticos, arena.
Laminación de hojas	Plásticos, metales.
Chorro de ligante	Plásticos, metales, vidrios.
Chorro aglomerante	Plásticos, metales, cera y biomaterial.
Cámara de fusión de polvo	Plásticos, metales, cerámicos, arena y carbón.
Deposición de energía directa	Metales.

Fuente: Shankar (2015)
Elaborado por: El investigador

Las baterías de iones de litio

Durante muchos años, el níquel-cadmio ha sido la única batería adecuada para equipos portátiles, desde comunicaciones inalámbricas hasta computación móvil. El hidruro de níquel-metal y el ion litio surgieron a principios de la década de 1990, luchando para ganar la aceptación del cliente. Hoy en día, el ion de litio es la química de baterías de más rápido crecimiento y más prometedora. El trabajo pionero con la batería de litio comenzó en 1912 bajo Lewis, pero no fue hasta principios de la década de 1970 cuando las primeras baterías de litio no recargables se comercializaron. El litio es el más ligero de todos los metales, tiene el mayor potencial electroquímico y proporciona la mayor densidad de energía para el peso; por lo que su desarrollo lo convierte en un elemento importante para la ingeniería industrial.

Según Iglesias et al. (2012) las baterías de ion de litio tienen una combinación inigualable de alta energía y densidad de potencia, lo que la convierte en la tecnología preferida para electrónica portátil, herramientas eléctricas y vehículos híbridos o eléctricos completos; conforme con los aportes de Niita et al. (2015) menciona que la alta eficiencia energética de las baterías de iones de litio también puede permitir su uso en diversas aplicaciones de la red eléctrica, incluida la mejora de la calidad de la energía obtenida de fuentes eólicas, solares, geotérmicas y otras fuentes renovables, contribuyendo así a su uso más generalizado y construyendo un economía sostenible de la energía; por lo que constituye un medio idóneo en los procesos productivos de la ingeniería industrial contribuyendo óptimamente al cuidado ambiental.

Por lo tanto, el avance tecnológico permitirá el desarrollo de campo industrial; la producción de masas se verá dinamizada, los materiales usados en el área de manufactura al igual que la maquinaria desarrollada a partir de la nueva tecnología, constituirán una herramienta adecuada e intrínseca para el desarrollo de productos innovadores para el consumo y la necesidad humana. Así también, el uso y aplicación de estos materiales podría dar origen a la nueva revolución industrial.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque Investigativo

El presente trabajo investigativo presenta un enfoque cualitativo, en vista de que pretender indagar los aspectos relevantes de la investigación, a través de precedentes que permitan obtener una perspectiva mucho más amplia sobre el tema planteado, de forma que posibilite explicar exhaustivamente el uso y aplicación del grafeno en la ingeniería industrial. Adicionalmente, no posee métodos de recolección de información estandarizados, por lo que no se aplica procesos estadísticos, además de que este trabajo no requiere la comprobación de una hipótesis; dado que simplemente se limita a la observación y búsqueda de información fundamentándose en una base de datos.

3.2 Modalidad de la Investigación

Este trabajo investigativo está sustentado por una investigación documental bibliográfica, puesto que tiene como objetivo recolectar, organizar y procesar la información para dar lugar al desarrollo investigativo en su totalidad. Para ello, se apoya de documentos académicos, científicos, libros, revistas académicas, repositorios de universidades nacionales e internacionales, buscadores académicos en inglés y español. Dentro de esta modalidad, se menciona al elemento linkográfico, dado que, imperativamente se debe hacer uso del internet como herramienta investigativa, así también se utiliza, links, enlaces webs, vínculos, entre otros.

3.3 Niveles o tipos de investigación

Se considera que para llevar a cabo la investigación sobre los usos y aplicaciones del grafeno en la ingeniería industrial es necesario desarrollar a través de la investigación descriptiva, explicativa y exploratorio.

Descriptiva

El propósito intrínseco de la investigación descriptiva es su afán por comprender las situaciones sobresalientes, por medio de la descripción de circunstancias y hechos reales sobre los acontecimientos propios de la investigación. Su objetivo no simplemente se limita a la recolección de datos, también a la identificación de las variables determinadas. Para dar lugar a este nivel investigativo, se debe resumir la información de manera cuidadosa para evitar algún sesgo sobre la misma; a continuación se analiza los resultados meticulosamente, con la intención de sustraer aspectos globales fundamentales que aporten al conocimiento. Es por tal motivo, que para el desarrollo del trabajo se ha escogido una documentación académica, a fin, de que su consecución sea sobre todo objetiva.

Exploratoria

Se desarrolla con la intención de determinar y comprender óptimamente el contexto del tema de investigación seleccionado. Su propósito se enfoca en la recolección de información vinculado con el fenómeno del que se desconoce, de tal forma que permita acrecentar la probabilidad de desarrollar una investigación completa. Es necesario destacar que, pese a que existe una vasta cantidad de investigaciones vinculadas a los usos y aplicaciones del grafeno, los temas relacionados sobre el mismo en el campo de la ingeniería industrial resultan un tanto escasos; es por ello que la presente investigación aportaría de manera significativa a los futuros trabajos direccionados en esta temática.

Explicativa

Se orienta al análisis exhaustivo para establecer las causas o principales determinantes de la investigación, en este nivel investigativo, se admite la utilización de fuentes secundarias; por lo tanto, es intrínseco que el investigador seleccione sistemáticamente sus fuentes, pretendiendo que sean diversas, pero imperativamente concisas y objetivas.

3.4 Métodos de Investigación

Método Inductivo: La presente investigación es inductiva, debido a que se orientará al desarrollo de conclusiones a partir de precedentes generales, constituyendo a las

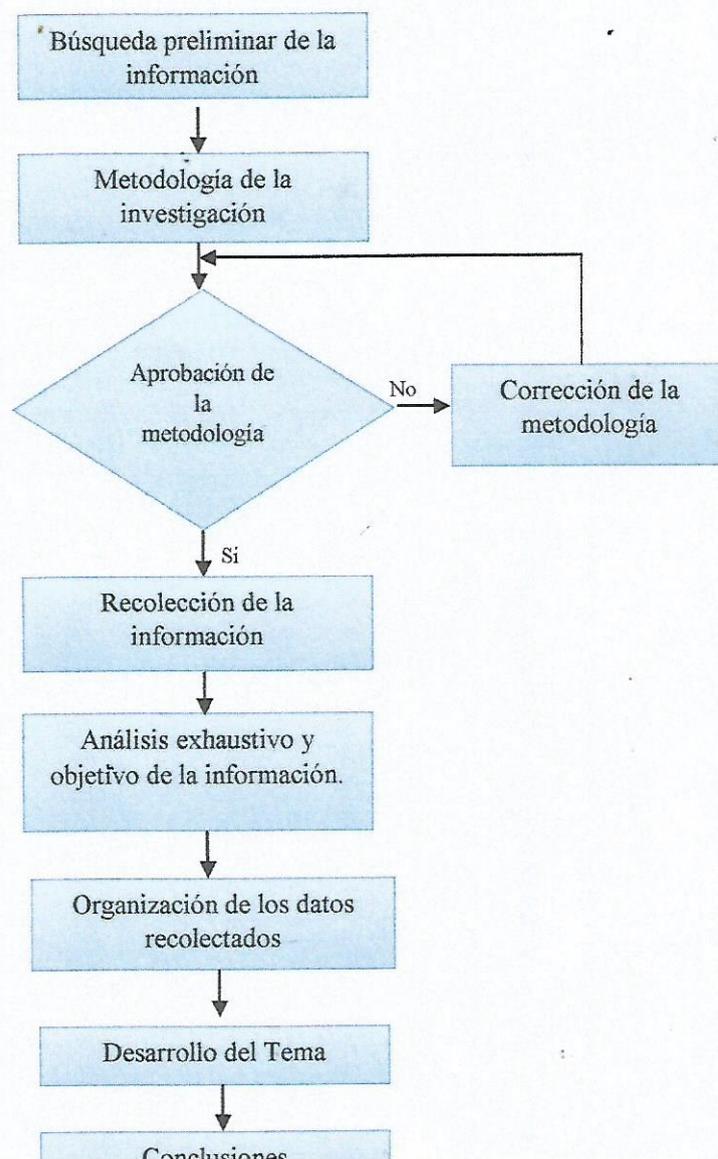
herramientas cualitativas como hechos para su registro pertinente. Para ello, es necesario la clasificación y el estudio de hechos, permitiendo generar un enfoque global y un adecuado análisis de la investigación.

3.5 Plan de procesamiento de la información

Para el desarrollo del plan de procesamiento de la información, sea considerado los siguientes aspectos, a fin de desarrollar a cabalidad la investigación:

1. Búsqueda de la información.
2. Recolección de la información.
3. Análisis exhaustivo y objetivo de la información.
4. Organización, sistematización y depuración de los datos recolectados.
5. Desarrollo del Tema.

Para una mejor comprensión acerca de la metodología desarrollada, es importante destacar que el presente trabajo de investigación se realiza en base al siguiente diagrama de flujo:



CAPÍTULO 4

DESARROLLO DEL TEMA

En la última década, la búsqueda de materiales que agilicen la vida humana, se ha convertido en un tema de gran interés. En la ingeniería industrial, converge una serie de tareas que básicamente permiten la gestión óptima de los procesos que se llevan a cabo en la organización, así como el bienestar laboral del personal, aunado a ello, el manejo de tecnologías productivas de bienes o servicios vinculados con el desarrollo y progreso del campo industrial y organizacional.

Por tal motivo, las investigaciones para facilitar las diferentes áreas de la ingeniería se encuentran en un continuo desarrollo; es por ello que, día a día emergen ideas innovadoras. Tal es el caso del grafeno, un material que hasta hace un poco más de una década fue sintetizado, y con ello se descubrió sus singulares propiedades, trayendo consigo un elemento versátil en el uso, aplicación y como herramienta de fabricación de innumerables componentes.

Una de las aplicaciones del grafeno es el recubrimiento, se usa generalmente para mejorar las propiedades de la superficie de un sustrato, la resistencia a la corrosión y la adhesión. La industria del revestimiento se ha visto obligada a buscar nuevas tecnologías y materiales para mejorar la eficiencia de los revestimientos por los beneficios económicos y las crecientes preocupaciones ambientales. Investigadores han estudiado el procedimiento de recubrimiento con grafeno. A partir de este precedente se pretende constituir al grafeno como materia prima importante, para dar lugar al proceso de producción de cualquier área; uno de estos trabajos es desarrollado por Jordá (2017) quien diseña un proceso industrial para el recubrimiento de tejidos a partir del óxido de grafeno reducido (RGO); con este trabajo se pretende utilizar al grafeno en indumentaria de protección para personal de organizaciones cuyas funciones involucren exposiciones. Del mismo modo, puede ser utilizado en vestimenta de bomberos, policías o militares. El tejido tiene como propósito la conductividad eléctrica, resistencia al frote y disipación del calor; por todo ello, la autora reconoce que su trabajo constituye un antecedente para el desarrollo de este tipo de indumentaria, asegurando que los no existen grandes cambios en los costes de producción de la tintura de tejidos que usualmente desarrollan las empresas textiles.

A propósito de las láminas de grafeno como material de revestimiento, Biosca (2018) destaca un trabajo recubrimiento de estructuras con grafeno en polímeros cerámicos. En esta investigación se analizó los sustratos para seleccionar las estructuras 3D de grafeno, dichas estructuras se impregnan en un polímero precursor cerámico de características polisilazano, aquello permite la resistencia del material evitando fragilizaciones. El autor de este trabajo destaca que este material puede ser mucho más resistente y constituirse en materia prima para la utilización de revestimientos cerámicos protegiendo la vida útil de otros elementos; no obstante, aunque el grafeno es un material relativamente más costoso que los comunes empleados para el recubrimiento, éste posibilitaría la obtención de mejores características y comportamientos en materiales tratados, dando lugar a un abaratamiento de costos por temas de mantenimiento.

Así también, según señala Brandy (2016) quien desarrolla un aditivo para aceites lubricantes basado en grafeno, destaca que el problema detectado que inspiró esta idea innovadora, es el hecho de que el ahorro de energía compone uno de los principales propósitos de la industria actual; pues al desarrollar un mecanismo que contribuyan a esta temática sería posible la reducción de costos de producción, uso, y mantenimiento de máquinas y herramientas. Uno de los principales factores para generar altos costos de energía es el constante rozamiento entre las piezas, consecuencias de la fricción y el desgaste dando lugar a la ineficiencia en las máquinas; constituyéndose como una pérdida de energía en un 30% aproximadamente. Para la reducción del desgaste de los materiales, existe una serie de lubricantes líquidos; no obstante la mayoría de estos presenta poca eficiencia para el desarrollo de operaciones con un alto valor de presión y temperatura. Es por ello que el autor, elabora un aditivo para lubricantes a partir del grafeno que al aunarlo con aceite lubricante mejora las propiedades anti-desgaste de un lubricante tradicional. En el futuro, se deduce que, el grafeno podría usarse como revestimiento en la maquinaria, lo que resultaría en una pérdida de energía casi nula entre las partes móviles. Esto no solo mejoraría la eficiencia energética, sino que también prolongaría la vida útil del equipo.

Aunado a la investigación de Brady (2016), existen estudios similares, como por ejemplo el desarrollado por un grupo de investigadores Kawai et al. (2016) quienes alucen que reducir la fricción puede limitar el desgaste y mejorar la eficiencia energética de los dispositivos mecánicos. El grafeno es un lubricante prometedor, debido a que la fricción entre las láminas es minúscula. El estado de fricción de fuga conocido como súper

lubricidad tiene aplicaciones importantes para ahorrar energía y aumentar la vida útil de los dispositivos. La súper lubricidad, como se detecta con microscopía de fuerza atómica, aparece cuando se deslizan grandes escamas de grafito o nanoclustos de oro a través de superficies. Sin embargo, el origen del comportamiento no se conoce bien debido a la falta de un nanocontacto controlable. Los autores demuestran la súper lubricidad de las nanocintas de grafeno cuando se deslizan sobre el oro con un enfoque experimental y computacional en conjunto. El contacto bien definido atómicamente, permite rastrear el origen de la súper lubricidad, exponiendo el papel desempeñado por el tamaño de la lámina de grafeno y la elasticidad, así como por la reconstrucción de la superficie. Estos resultados abren el camino a la ampliación de la súper lubricidad y, por lo tanto, a la realización de recubrimientos sin fricción.

Por su parte, Tong et al. (2013) destacan que existe varios factores que afectan la efectividad de un recubrimiento contra todas las posibles fuentes dañinas, estas pueden ser la calidad del recubrimiento, las características del sustrato, las propiedades de la interfaz de recubrimiento y la corrosión del medio ambiente. Para satisfacer los requisitos industriales de hoy en día, los nanocompuestos poliméricos a base de grafeno se han investigado y aplicado cada vez más en el recubrimiento porque los nanocompuestos proporcionan propiedades superiores con un costo relativamente bajo. Además el autor añade que la incorporación de materiales a base de grafeno en el polímero no solo puede mejorar una propiedad de un polímero, sino que también puede mejorar varias propiedades, del mismo modo que pretende mejorar las propiedades eléctricas y mecánicas. Este proceso implica un costo relativamente bajo y puede ser utilizado en la producción de diversos materiales desarrollados a base de polímero; del mismo modo, los autores destacan que la era del polímero está en auge, sin embargo, en instancia resulta ser un material frágil, por lo que, éste aunado al grafeno mejoraría notablemente su resistencia; pudiéndose constituir como materia prima para la elaboración de productos finales.

El grafeno también puede ser usado en materiales compuestos, al ser un material fuerte, rígido y a la vez ligero; actualmente investigadores están incorporando fibras de carbono en la producción de aviones. No obstante, este elemento, a futuro puede ser utilizado como componente extra de maquinaria utilizada en los procesos de producción. Mitra et al. (2012) indican que se espera que se utilice el grafeno, probablemente integrado en plásticos como el epoxi, para crear un material que pueda reemplazar el acero en diferentes

estructuras, mejorando su eficiencia y las funciones para las que está destinada, así como el alcance y la reducción de peso. Debido a su conductividad eléctrica, incluso podría usarse para recubrir otro tipo de materiales o maquinaria industrial y evitar daños eléctricos. El revestimiento de grafeno también podría usarse para medir la tasa de deformación.

De acuerdo con los aportes de Koratkar (2013) se muestra que el grafeno mejora una amplia gama de propiedades mecánicas de la matriz polimérica huésped, permite una resistencia a la tracción máxima, resistencia a la fractura, resistencia a la propagación de grietas por fatiga, resistencia a la fluencia y resistencia al desgaste. Los materiales compuestos se encuentran entre las primeras formas de utilizar comercialmente el grafeno, que puede otorgarles propiedades beneficiosas como ligereza de peso, flexibilidad, resistencia mecánica y más. Es por ello, que el investigador, denota la importancia de aunar metales, cerámicos o poliméricos para el desarrollo de un material mucho más fuerte, evitando su pronto desgaste, denominando a éste nuevo proceso en desarrollo como el futuro del campo industrial. Pues a través del proceso investigativo, que aún continúa siendo un tema de surgimiento de innovaciones, se pretende principalmente que varios de estos inventos permitan el origen de la instrumentaria para el área industrial, así como maquinaria que agilicen los procesos de producción, o por otro lado, herramientas mucho más eficientes, con características anti-desgaste y que contribuyan al desarrollo de actividades a corto plazo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

De acuerdo con la contribución bibliográfica, las propiedades electrónicas, mecánicas y térmicas únicas del grafeno y sus derivados, junto con su producción en masa a bajo costo, lo convierten en un elemento prometedor para materiales compuestos con diferentes polímeros, metales, óxidos metálicos y otros materiales a base de carbón. Algunas de las investigaciones sobre el grafeno y los compuestos basados en el grafeno que se han resaltado en este artículo de revisión, han dado lugar a la discusión sobre el desafío científico más importante de hoy: la generación de materiales resistentes, el ahorro de energía y la minimización de impactos ambiental, así como sus posibles soluciones desde el punto de vista de los compuestos de grafeno; siendo así, con una gran cantidad de nuevas investigaciones se determinó y no sería una sobrestimación, esperar que varias nuevas técnicas de fabricación evolucionen.

La presencia de grafeno puede mejorar la conductividad y la resistencia de los materiales a y ayudar a crear materiales compuestos con cualidades superiores. El grafeno también se puede agregar a metales, polímeros y cerámicas para crear compuestos que son conductores y resistentes al calor y la presión. Los compuestos de grafeno tienen varias aplicaciones potenciales, con mucha investigación para crear materiales únicos e innovadores. Las aplicaciones parecen no tener fin, dado que un polímero de grafeno resulta ser ligero, flexible y un excelente conductor eléctrico, mientras que otro compuesto de dióxido de grafeno resultó ser un interesante componente de recubrimiento, con muchos otros posibles acoplamientos de compuestos para que algún día se realicen todo tipo de materiales compuestos. El potencial de los compuestos de grafeno incluye implantes médicos, materiales de ingeniería para la industria, aeroespacial, renovables y mucho más

Las vastas y crecientes aplicaciones del grafeno reemplazan continuamente las tecnologías actuales y abren nuevos mercados para más aplicaciones. Sin embargo, para alcanzar todo el potencial del grafeno, las láminas de alta calidad deben producirse de manera económica y en gran escala a través de técnicas de síntesis amigables con el medio ambiente. Basado en esta discusión detallada de la literatura y el análisis de datos de los diferentes enfoques para la producción en masa de grafeno, se vuelve evidente que esto sigue siendo un

desafío. Según Abdel, Elsherif y Handal (2017) hasta la fecha, la mejor técnica para la fabricación de algunas capas de grafeno sin defectos es la exfoliación. Esta técnica se adapta a la investigación académica. Sin embargo, esta ruta no es práctica para la producción de grafeno a gran escala. Por lo tanto, hay muchas investigaciones en curso que se están llevando a cabo para innovar y modificar los métodos de preparación actuales. Dada la notable tasa de progreso en los métodos de síntesis de grafeno e impulsada por el rápido intercambio de conocimientos entre empresas y académicos, además de la enorme demanda de productos electrónicos, se pretende que los trabajos de investigación futuros se relacionen con estos desafíos y los resuelvan para lograr el sueño de la comercialización de grafeno, tan pronto como sea posible.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel, N., Elsherif, S., & Handal, H. (2017). Revolución del grafeno para diferentes aplicaciones: Estado del Arte. *Surfaces and Interfaces*, 93-106.
- Aguilar, Q., Toaboda, P., & Ramírez, M. (2015). Percepción Industria-Ambiente de estudiantes universitarios de Ingeniería Industrial. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 29-36.
- Anaya, Á., & Acosta, M. (2010). El ingeniero industrial impactando el medio ambiente. *Revista Educación en Ingeniería*, 179-187.
- Araque, E. (2015). *Nanomateriales híbridos de óxido de grafeno y polímeros hidrosolubles para el diseño de plataformas biosensoras electroquímicas*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Biosca, E. (2018). *Recubrimiento de estructuras 3D de grafeno mediante impregnación con polímero precursor cerámico*. Madrid: Conductividad eléctrica y resistencia al frote.
- Brandy, J. (2016). *Aditivo para aceites lubricantes basados en grafeno decorado con MoS₂*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Bunch, J. (2008). *Propiedades mecánicas y eléctricas de las láminas de grafeno*. Nueva York: Cornell University.
- Cabanes, A. (2015). *Protección de la corrosión de aceros mediante materiales híbridos polímero conductor-grafeno*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Ferrari, A., & Basko, D. (2013). La espectroscopia Raman como una herramienta versátil para estudiar las propiedades del grafeno. *Nature Nanotechnology*, 195-199.
- Gago, I., Del Río, M., Miguel, B., & León, G. (2016). *Aplicaciones de los nanocomposites basados en el grafeno como recubrimientos antirradar*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Hernández, C., & Quiroz, D. (2015). *Grafeno: estado del arte*. México: Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados CIMAV.

- Iglesias, R., Lago, A., Nogueiras, A., Martínez, C., Marcos, J., Quintana, C., . . . Valdés, M. (2012). Modelado y simulación de una batería de Ion-Litio Comercial Multicelda. *Universidad de Vigo*, 1-5.
- Jordá, M. (2017). *Desarrollo de un proceso industrial de recubrimiento de tejidos con óxido de grafeno a partir de la adaptación de un proceso industrial basado en la tintura con colorantes de tinta*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Kawai, S., Benassi, A., Gnecco, E., Söde, H., Pawlak, R., Feng, X., . . . Meyer, E. (2016). Super lubricidad de nanocintas de grafeno sobre superficies de oro. *Science*, 957-961.
- Koratkar, N. (2013). *Graphene in composite materials*. Pennsylvania: De Setch Publications. INC.
- Latorre, M. (2015). *Nanomateriales basados en el grafeno y su aplicación en nuevos sistema de energía*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- López, G. (2015). *Propiedades mecánicas de membranas de grafeno: consecuencias de la inducción controlada de defectos*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Méndez, M., & Enciso, A. (2011). El grafeno: entre serendipia, cinta adhesiva y emigrantes. *Educación Química*, 72-74.
- Metalysis. (2017). *Metalysis Ltd*. Obtenido de Future focused metal and alloy powders: <https://www.metalysis.com/technology/#metals>
- Miles, R. (2011). *Análisis de optimización de diseño, procesos y materiales para satisfacer requerimientos de calidad. Aplicación industria automotriz*. Buenos Aires: Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Miskin, M., Dorsey, K., Bircan, B., Han, Y., Muller, D., McEuen, P., & Cohen, I. (2018). Graphene-based bimorphs for micron-sized, autonomous origami machines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 466-470.
- Mitra, S., Banerjee, S., Datta, Anindya, Chkaravorty, & Dipankar. (2012). Graphene composites: The materials for the future. *Researchgate*, 1-20.

- Morán, J. (2015). *Propiedades estructurales y electrónicas del grafeno sobre SIC (0001) estudiadas por microscopía combinada con STM/AFM*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Niita, N., Wu, F., Tae, J., & Yushing, G. (2015). Materiales de la batería de ion-litio: presente y futuro. *Materials Today*, 252-264.
- Paz, I. (2018). *El grafeno: Posibilidad del grafeno en la arquitectura*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Ren, S., Rong, P., & Yu, Q. (2018). Preparaciones, propiedades y aplicaciones del grafeno en dispositivos funcionales: una revisión concisa. *Cerámica internacional*, 11940-11955.
- Rodríguez, C. (2012). *Obtención de hojas de óxido de grafeno*. Monterrey: UNAM.
- Serrano, R. (2011). *Modelo de comportamiento mecánico del grafeno y sus defectos*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Shankar, R. (2015). Impresora 3D- el futuro de la manufactura. *International Journal of Innovations in Engineering and Technology*, 184-190.
- Thanh, T., Alotaibi, F., Nine, J., Silva, R., Tran, D., Janowski, I., & Losic, D. (2018). Engineering of highly conductive and ultra-thin nitrogen-doped graphene films by combined methods of microwave irradiation, ultrasonic spraying and thermal annealing. *Chemical Engineering Journal*, 764-773.
- Tong, Y., Bohm, S., & Song, M. (2013). Graphene based materials and their composites as coatings. *Austin Journal of Nanomedicine & Nanotechnology*, 1-16.
- Vargas, Ó. (2013). *Estudios basados en grafeno para su uso como ánodos en batería de Li-IÓN*. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Zhu, Y., Ji, H., Cheng, H., & Ruoff, R. (2018). Mass production and industrial applications of graphene materials. *National Science Review*, 90-101.