

Grafeno, la tecnología del futuro para mantenimientos a las pistas de aeropuertos colombianos

Henry Maestre

Universidad Militar “Nueva Granada”



Facultad Ciencias Económicas

Especialización Administración Aeronáutica Aeroespacial

Bogotá D.C. 2020

Tabla de Contenido

Resumen.....	6
Introducción	7
Definición del problema	8
Pregunta de investigación	9
Objetivos	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos.....	10
Marco teórico	10
Pavimentos en pistas de aeropuertos	11
Daños más comunes en las pistas.....	13
Pavimentos rígidos.....	13
Pavimentos flexibles	14
Inversiones anuales en mantenimientos de pistas de los aeropuertos en Colombia.....	15
Daños medioambientales que produce el concreto.....	18
El Grafeno, sus características y usos en la industria de la construcción civil	21
Conceptos básicos sobre el Grafeno.....	21
La importancia del grafeno que gana premio nobel.....	22
Autopistas y pistas de aeropuerto ya empiezan a utilizar el grafeno	25
Que se hace en el mundo.....	26
Que se hace en Colombia actualmente.....	28
Conclusiones	32
Recomendaciones	33

Lista de ilustraciones

- Ilustración 1- Hueco en pista aeropuerto de Valledupar. **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 2. Escombros de la demolición de asfalto de la carretera. **¡Error! Marcador no definido.5**
- Ilustración 3. Pista levantada umbral 1-2 (aeropuerto florencia) **¡Error! Marcador no definido.2**
- Ilustración 4. Baches en pista (aeropuerto florencia)..... **¡Error! Marcador no definido.3**
- Ilustración 5. Bache en calle de rodaje Bravo (aeropuerto neiva) **¡Error! Marcador no definido.3**
- Ilustración 6-7. Bache en calle de rodaje Bravo (aeropuerto neiva)..... **¡Error! Marcador no definido.4**
- Ilustración 8-9. Carretales vía de acceso a los hangares (aeropuerto neiva)... .. **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 10-11. Estado entrada hangares (aeropuerto neiva)...**¡Error! Marcador no definido.5**

Lista de graficas

Grafica 1. Transferencia de carga de una rueda en una estructura de pavimento rígida.**¡Error!**

Marcador no definido.1

Grafica 2. Típica estructura de pavimento flexible..... **¡Error! Marcador no definido.2**

Lista de figuras

- Figura 1. Estructura del grafeno..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2. Breve historia del grafeno. **¡Error! Marcador no definido.9**
- Figura 3. Productores de grafeno por país en 2017. **¡Error! Marcador no definido.0**

Resumen

El objetivo del presente Ensayo es plantear la posibilidad de realizar mantenimientos en las pistas de los aeropuertos colombianos con Grafeno. El estudio se ha realizado basándome en una investigación de este componente y su actual utilización en una pista de Italia, hemos estudiado el componente y sus posibles bondades a través de varios artículos, realizando una comparación con el estudio y utilización actual del concreto. Encontrando que a nivel ambiental y presupuestal podríamos contribuir enormemente en esos dos aspectos, porque lo he llegado a concluir que serían enormes las ventajas la utilización de este material para el mantenimiento de nuestras pistas en Colombia.

Palabras clave: Duración, grafeno, mantenimientos, operaciones aéreas, pavimentos.

Abstract

The objective of this essay is to consider the possibility of carrying out maintenance on the runways of Colombian airports with Graphene. The study has been carried out based on an investigation of this component and its current use on a track in Italy, we have studied the component and its possible benefits through various articles, making a comparison with the study and current use of concrete. Finding that at an environmental and budgetary level we could contribute enormously in these two aspects, because we concluded that the use of Graphene for the maintenance of our tracks in Colombia would be enormous.

Keywords: Duration, graphene, maintenance, air operations, pavements.

Introducción

Para todos los conocedores o amantes de la aviación no es ningún secreto, que una de las áreas de cualquier aeropuerto, es el lado aéreo, conformado principalmente por las pistas, calles de rodaje y plataformas, que son donde se realizan la totalidad de las operaciones aéreas, debiendo resistir el peso de grandes aeronaves comerciales y militares.

El propósito del presente Ensayo, es realizar un comparativo técnico, económico y ambiental, desde el punto de vista de los mantenimientos de las pistas, calles de rodaje y plataformas de los aeropuertos colombianos, basándome en el estudio de la resistencia de los pavimentos, los cuales pueden ser de dos formas rígidos o flexibles, ya que debido a la gran cantidad de operaciones aéreas que se proceden, a estas áreas deben programarles constantes mantenimientos, lo que implica grandes inversiones económicas de forma anual y al no ser el concreto utilizado actualmente amigable con el planeta no se contribuye, ambientalmente con el mismo.

Dado a lo anteriormente expuesto y como entusiasta de la tecnología, debido a mi profesión, siempre me ha llamado la atención los avances tecnológicos, pero no pensé que estas tecnologías podrían usarse en el mantenimiento de las pistas aéreas, es por ello, que luego de conocer el grafeno como un material nanométrico bidimensional de gran flexibilidad y utilizado para desarrollos en tecnologías de la electrónica y telecomunicaciones principalmente, observo que puede ser utilizado para reemplazar el pavimento convencional, logrando, una mayor duración de las pistas, con un mínimo de mantenimiento, basándose en su gran dureza que solo es comparada con la del diamante, hecho que motivo la presente investigación.

A estas alturas muchos estarán intrigados y se realizarán la pregunta, de que es el grafeno, por lo cual a continuación les dejaré una corta y breve explicación. El grafeno es un material proveniente del grafito y surge cuando las partículas del carbono se agrupan de forma densa en láminas con forma hexagonal. No es algo nuevo, sin embargo, si es un material cuyas aplicaciones en el presente y el futuro, hacen que cobre importancia.

Además el grafeno es el material más fuerte que existe, como lo confirman científicos en la universidad de Columbia, publicando el hallazgo en la revista 'Science'. (lainformacion.com, 2019)

Todo lo descrito y basándonos en la posibilidad de realizar mantenimientos a las pistas de los aeropuertos en Colombia, se pretende realizar la presente investigación formativa, con el fin de determinar qué tan viable podría ser, realizar los mantenimientos con grafeno a corto o mediano plazo y de esta forma, estar acorde con los avances mundiales al respecto y adicionalmente aportar con el manejo ambiental del planeta.

Definición del problema

Una de las principales causas que conllevan a problemas de índole económico a todos los administradores aeronáuticos y organizaciones de aeronáuticos y aeroportuarias, son el deterioro o mal estado de las pistas de los aeródromos en el mundo, lo que implica grandes inversiones económicas en sus mantenimientos. Colombia no es ajeno a este contexto problemático, debido a lo anterior es que siempre se ha estado en busca de mejoras, a fin de contribuir con el medio ambiente a través de la ingeniería civil para el diseño y construcción de las pistas de los aeródromos, sin embargo y pese a las grandes inversiones que se realizan año a año, este presupuesto es insuficiente.

Todo lo anterior podría mejorar a mediano plazo con la utilización del denominado material del futuro el Grafeno, un material nanométrico (Son sustancias químicas o materiales que se fabrican y utilizan a muy pequeña escala) y bidimensional (Nanomateriales bidimensionales (2D), dos dimensiones están fuera de la nanoescala) que ya se ha empezado a utilizar en el campo de la ingeniería civil para el mantenimiento y construcción de carreteras en Europa y más interesante aun, en la construcción de pistas aéreas.

Colombia no puede estar fuera de este contexto y desde aquí parte la motivación de la presente investigación formativa, para con este tipo de mantenimientos con este nuevo material, se pueda mejorar la operación aérea a través de la seguridad de la misma, con un mínimo de mantenimiento y reduciendo costos. Sin embargo, por ser una técnica aun en desarrollo y encontrarse en pruebas, debe observar mucha cautela para el empleo de esta nueva nueva alternativa.

Pregunta de investigación

¿Generaría ventajas realizar el mantenimiento de las pistas, plataformas y calles de rodaje de los Aeropuertos en Colombia con Grafeno, a fin de conseguir mayor duración de las mismas con mínimo de mantenimiento?

Objetivos

Objetivo General

Analizar la viabilidad, económica y ambiental de efectuar los mantenimientos de las pistas de los aeropuertos colombianos, con Grafeno.

Objetivos Específicos

Analizar el grafeno a fin de determinar sus propiedades, a fin de proponer una nueva alternativa para el mantenimiento de pistas aéreas, en Colombia

Comparar el grafeno frente al concreto convencional, desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

Determinar la conveniencia del empleo del grafeno en Colombia para las áreas de movimiento en los aeropuertos.

Marco teórico

Colombia cuenta actualmente con 590 aeropuertos y campos de aterrizaje, de los cuales 74 son de propiedad de Aerocivil, 14 de los Departamentos, 94 Municipales, 9 Militares, 185 Fumigación, 214 Privados. (Mintransporte, 2020)

Lo anterior, representa para el país un gran reto en cuanto al mantenimiento de las pistas aéreas, toda vez que esta sufren gran desgaste al tener que resistir los grandes pesos de las aeronaves para aterrizajes y descolajes, lo que genera un gran deterioro en la infraestructura, por lo cual es obligatorio e imprescindible estar destinando grandes recursos económicos para sus mantenimientos.

El problema se agrava, respecto a otras infraestructuras terrestres, cuando un fallo en el pavimento de la pista supone un cierre temporal del aeropuerto, ya que esta es la única que garantiza el aterrizaje y despegue seguro de las aeronaves. (Ortiz, 2019)

Para entender un poco más el contexto del problema de los mantenimientos de las pistas aéreas, a continuación, me permitiré dar una rápida ilustración sobre el diseño y construcción actual de las mismas, para que entender la situación actual, para posteriormente dar a conocer

que se hace en el mundo con el grafeno en la industria de la ingeniería civil, en el mantenimiento de carreteras y construcción de pistas, para terminar concluyendo desde mi punto en Colombia, se debe dar estudio temprano a todas las posibilidades que en este aspecto nos brinda la ciencia con la utilización del grafeno para el mantenimiento de las pistas.

Pavimentos en pistas de aeropuertos

Para dar continuidad al negocio y a la prestación de los servicios de transporte aéreo, los aeropuertos, como muchas organizaciones, deben garantizar el mantenimiento de las instalaciones y de los activos a cargo, con el fin de permitir su utilidad en las condiciones de seguridad operacional óptimas. Para el caso de los aeropuertos y los aeródromos, independientemente de su tamaño, el mantener las condiciones óptimas de las superficies de las pistas de aterrizaje es fundamental, ya que estas son la infraestructura clave, en la operación de las aeronaves, y de esto depende gran parte de la continuidad y seguridad que deba ser garantizada durante los despegues y aterrizajes. Para lo que los aeropuertos podrán establecer organizaciones grandes o pequeñas de mantenimiento para hacer frente a esta responsabilidad operativa. (ACI, 2013)

En relación, las superficies de todas las áreas de movimiento, incluidos los pavimentos (pistas, calles de rodaje y plataformas) y áreas adyacentes, debe ser inspeccionada y su condición se vigilará regularmente como parte del programa de mantenimiento preventivo y correctivo del aeródromo, a fin de evitar y eliminar cualquier objeto extraño, llamado FOF (Foreign Objects Damage) que pudiera causar daños a las aeronaves o perjudicar el funcionamiento de los sistemas de a bordo. La superficie de una pista se mantendrá de forma que se evite la formación de irregularidades perjudiciales. (RAC, 2019, pág. 214)

Para determinar el estado de las pistas y su respectiva clasificación de acuerdo a las condiciones identificadas, periódicamente, deberían realizarse ensayos del rozamiento en las condiciones actuales de la superficie, con el fin de determinar las pistas con rozamiento deficiente cuando están mojadas.

Antes de clasificar una pista como resbalosa cuando está mojada, la autoridad aeronáutica establecerá el nivel de rozamiento mínimo considerado como aceptable y publicará el respectivo valor en sus publicaciones de información aeronáutica (AIP). Cuando se compruebe que el rozamiento en una pista es inferior a ese valor declarado, la información debería publicarse mediante NOTAM (Notice To Airmen).

Igualmente, la UAEAC (Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil) establecerá un nivel para fines de mantenimiento, por debajo del cual el explotador del aeropuerto debe tomar medidas correctivas apropiadas de mantenimiento para mejorar el rozamiento. Con todo, cuando las características de rozamiento de toda la pista o de parte de ella estén por debajo del nivel mínimo de rozamiento, el explotador del aeropuerto abierto a la operación pública deberá adoptar sin demora las medidas correctivas de mantenimiento. (RAC, 2019)

Es necesario que el explotador del aeropuerto abierto a la operación pública, efectúe mediciones del rozamiento a intervalos que garanticen la identificación de las pistas que requieren mantenimiento o un tratamiento especial de la superficie antes que su estado se agrave. El intervalo de tiempo entre las mediciones dependerá de factores tales como el tipo de aeronave y la frecuencia del uso, las condiciones climáticas, el tipo de pavimento y las necesidades de reparación y mantenimiento del pavimento. (RAC, 2019, pág. 377)

Los desprendimientos de material de las pistas y sus diferentes cantidades como por ejemplo de piedras de diferentes tamaños puede generar erosión en las hélices de los motores de los aviones, e incluso podría causar un incidente grave o un accidente aéreo.

Las piedras desprendidas ocasionan deterioro de las llantas de los aviones, lo que representa un grave riesgo en la operación, así como afectaciones económicas representadas en gastos de desplazamiento de personal técnico, y los relacionados al mantenimiento en términos de repuestos, además de incomodidades a los usuarios por retrasos en las operaciones y en la calidad del servicio, incluso en algunos casos, se puede llegar a el cierre del aeropuerto por obstrucción de la pista con la aeronave. (Caracol.com, 2016)

Daños más comunes en las pistas

Para poder hablar de los daños más comunes que se presentan en las pistas de aterrizajes de cualquier aeropuerto, primero que todo presentare de manera muy rápida pero clara la clasificación de los pavimentos y su estructura, afín de detenernos en la capa en la que nos interesa proponer los mantenimientos objeto del presente estudio.

Lo primero que debe aclarar, es que existen dos tipos de pavimentos, los rígidos y flexibles.

Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos usualmente utilizan como elemento primario estructural el cemento portland (Cemento compuesto de una mezcla de caliza y arcilla, que fragua muy despacio y es muy resistente; al secarse adquiere un color semejante al de la piedra de las canteras inglesas de Portland). Dependiendo de su uso, los ingenieros pueden diseñar losas con pavimentos simples ligeramente reforzados, reforzados, pretensados o con fibras para concreto. (Aerocivil, 2012, pág. 13)

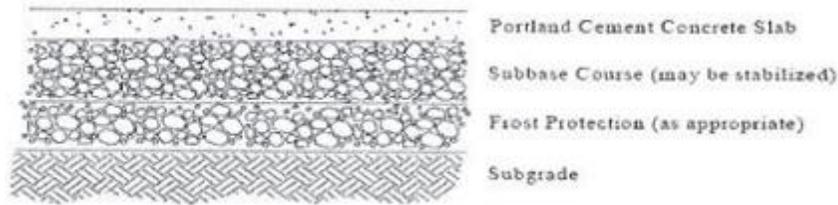


Ilustración. 1 Transferencia de carga de una rueda en una estructura de pavimento rígida.

Nota. Tomado: (Aerocivil, 2012)

Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles se conforman con una serie de capas comprimidas de materiales seleccionados con bastante pericia, diseñados para la distribución gradual de cargas en la superficie del pavimento. El diseño tiene que asegurar que la carga transmitida al conjunto de capas no exceda la capacidad portante de cada una de ellas. (Aerocivil, 2012, pág. 13)

Indistintamente del pavimento que utilice el aeropuerto sea rígido o flexible, siempre van a requerir en mayor o menor proporción intervenciones para su mantenimiento a fin de alargar la vida útil de la pista.

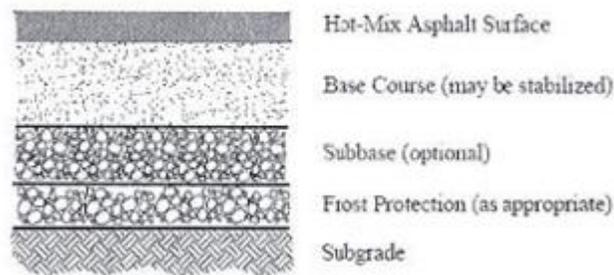


Ilustración 2. Típica estructura de pavimento flexible

Nota. Tomado: (Aerocivil, 2012)

Entre las fallas más comunes que se encuentran en los pavimentos flexibles, son las siguientes, sin profundizar en las mismas como:

- Ahuecamientos
- Grietas por fatiga
- Fisuras
- Grietas de bordes
- Baches
- Exudaciones
- Desgate
- Ondulaciones, entre otras

Entre las fallas más comunes que se encuentran en los pavimentos rígidos, son las siguientes:

- Fallas y separación de las juntas
- Grietas (transversales y longitudinales)
- Fisuras
- Desintegración
- Baches
- Levantamientos, entre otras.

Inversiones anuales en mantenimientos de pistas de los aeropuertos en Colombia

A continuación, se darán algunos ejemplos de lo que año a año se vive en las pistas de aeropuertos colombianos, a fin de dimensionar los costos de estos mantenimientos, dado al permanente mal estado de las mismas y que usualmente son noticias como las referidas:

Uno de los casos que llama la atención desde el año 2016 es el del Aeropuerto de San Andrés, frente al cual que se han presentado varias denuncias por parte de los pilotos de Avianca referidas al daño latente de la pista y los eventuales cierres del Aeropuerto por esta causa.

En atención a la problemática el Gobierno Nacional había anunciado una adjudicación de más de 56 mil millones de pesos al consorcio autopistas 2016 para llevar a cabo el arreglo, sin embargo, los arreglos y adecuaciones de la pista no habían sido efectivas, generando además cancelaciones en los vuelos y retraso de los mismos como en el caso de los de los pasajeros de viva Colombia no tienen otra alternativa que reubicarse en otras aerolíneas como se menciona en la noticia. (W Radio, 2016)

La pista del Aeropuerto Internacional Gustavo Rojas Pinilla de San Andrés, se ha convertido en un dolor de cabeza para los viajeros que entran o salen de la isla. Desde hace más de 8 años, son reiterados los daños en el asfalto, lo cual hoy a pesar de que la Aeronáutica Civil tiene contratado la reconstrucción de esta obra, son pocos los avances que se ven, por ello los diputados nuevamente encendieron las alarmas ante un inminente riesgo para las operaciones aéreas. (Radionacional, 2016)

Como en el caso de la pista de San Andrés, se encuentra evidencia de otras pistas en diferentes aeropuertos del país como, por ejemplo, el informado según el Sindicato de la Aeronáutica Civil. En el que un Avión con 137 pasajeros quedó atascado por un hueco, para lo que el vicepresidente del Sindicato de Trabajadores de la Aeronáutica Civil, Martín David Peñaloza refirió: “En noviembre pasado un avión que cubría un vuelo comercial se quedó atascado en uno de esos huecos”.

Este caso fue el de un avión de Avianca con ruta Valledupar-Bogotá, con 137 pasajeros a bordo, el cual se atascó mientras realizaba el proceso de carreteo en la segunda llave de giro de la pista. (El Heraldo, 2019)

De otra parte, para el año 2019 la Aeronáutica Civil adjudicó contratos por 30.000 millones de pesos para el mantenimiento de obras civiles, edificaciones, pistas, calles de rodaje, zonas de seguridad, entre otros, en 13. aeropuertos del territorio nacional. (Lopez, 2019)



Ilustración 3. Huevo en pista aeropuerto de Valledupar

Nota. Tomado: (El Herald, 2019)

Otras publicaciones anunciadas por Aerocivil, mencionaban que diferentes obras de mejoramiento de pistas y terminales estarían listas en el 2017 para lo que Aerocivil invierte \$50.000 millones, en este caso serían ejecutados en obras de mejoramiento de pistas, plataformas y calles de rodaje de los aeropuertos de Bahía Solano, Nuquí, Guapi, Buenaventura y Pasto, anunció la Aeronáutica Civil. (El Pais, 2016)

Entre las obras civiles ejecutadas por la Aerocivil en el transcurso del 2019 se destacan la ampliación y repavimentación de pistas, de las calles de rodaje, la modernización de la infraestructura, salas de espera, el mejoramiento de los servicios aeroportuarios, así como la modernización y dotación de equipos para garantizar la seguridad operacional en beneficio de los usuarios.

Para el aeropuerto de Mitú, Fabio León Bentley se proyectó una inversión de más de \$2.500 millones, para mejorar las condiciones de la terminal aérea, principalmente en el mantenimiento de la pista de aterrizaje, de los equipos para la seguridad aérea, de salvamento y la extinción de incendios, lo que beneficia a decenas de usuarios en esta parte del país. (Aerocivil, 2019)

Todo lo anteriormente relacionado, es una pequeña muestra en donde se observa los miles de millones de pesos que se invierten en mantenimientos sobre todo es las pistas de los aeropuertos, sin tener en cuenta el perjuicio económico que llegan a tener las aerolíneas por los daños que se les causan a sus aeronaves en los trenes de aterrizaje o modificaciones de horarios en sus operaciones.

Daños medioambientales que produce el concreto

Se entiende por escombros, a todos los residuos que sobran como resultado de las actividades de construcción, de la realización de obras civiles o de otras actividades conexas, complementarias o análogas. Así como a los materiales, elementos concretos y agregados sueltos de construcción, de demolición y capa orgánica suelo subsuelo de excavación. (Ciudadlimpia, 2014)



Ilustración 4. Escombros de la demolición de asfalto de la carretera

Nota. Tomado: (Buarapa, s.f.)

La industria del concreto, incluye varias fuentes de contaminación cuyos impactos ambientales incluso modifican el componente abiótico de los ecosistemas, es decir, el suelo, el aire y el agua. (360enconcreto, 2019)

El suelo presenta alteración fundamentalmente por los residuos, ya sean sólidos, líquidos y/o peligrosos, generados en la industria y que están asociados a actividades de desmonte, limpieza, descapote, excavaciones, demoliciones, obras hidráulicas y construcción de vías, entre otras.

En términos de vida útil de los materiales utilizados para la construcción, la mayor parte se convierten en escombros, los cuales en grandes cantidades aproximadamente el (50%) se presentan en forma de materiales de desecho.

Otras afectaciones causadas por el concreto se evidencian en el aire, mediante alteraciones asociadas al polvo, el ruido, y a las emisiones de CO₂ como consecuencia de, entre otras actividades, el uso de combustibles fósiles, uso de minerales, realización de excavaciones, corte de taludes y operación de máquinas y herramientas.

En casos específicos como el del dióxido de azufre, se plantea que este es producto del uso de los combustibles fósiles, mientras que el uso de minerales como material de construcción genera finas partículas de polvo durante su proceso de degradación, de acuerdo con la dispersión, el polvo se clasifica en 5 clases. Los más peligrosos de ellos son partículas duras de la clase 5°. Estas partículas duras no son detenidas por las vías respiratorias superiores de los humanos; por lo tanto, pueden pasar desapercibidos con enfermedades de las vías. Depositando en la membrana mucosa de la nariz, la tráquea, los bronquios, que despiertan reacciones inflamatorias y con el tiempo alteraciones crónicas. Más tarde, la gente contrae enfermedades de las vías

respiratorias, como bronquitis, traqueítis y neumonía (Esclerosis difusa de los pulmones. (360enconcreto, 2019)

“El sector de la construcción consume hasta un 60% de todas las materias primas extraídas de la tierra, por ejemplo, la construcción de una planta industrial implica el uso de grandes cantidades de materiales: los fundamentos, las estructuras de carga, los techos y las paredes. Los fabricantes de cemento generan entre el 3 y 5% de las emisiones de CO₂ en la atmósfera a través del mundo”

“El proceso de fabricación comienza con la piedra caliza (de alta contenido de Ca (CO) y 4,4 kN de CO₂ que se produce al calentar solo 10 kN de CaCO₃. Si bien el consumo de materias primas es un 60%, es importante señalar que la transformación de estas en materiales de construcción genera aproximadamente el 50% de las emisiones a la atmósfera, específicamente las emisiones de CO₂.”

La contaminación que el ruido hace al aire es producida en principio, de la operación de máquinas y equipos utilizados en actividades de excavación, apertura de vías, transporte y descargue de materiales. Los elevados niveles de contaminación por ruido alteran a trabajadores y el entorno. Teixeira (2005), en este sentido, plantea que el ruido producido por una obra de construcción puede afectar el derecho al silencio, la comodidad y la salud de residentes y la población visitante.

Si bien las distintas etapas y actividades de la industria de la construcción generan impacto ambiental en el medio abiótico, es importante, de la misma manera, observar el efecto que se presenta en el medio biótico, es decir, en la flora y la fauna.

La contaminación atmosférica incluye actividades como la remoción de escombros, excavaciones, tránsito de vehículos, corte de taludes, funcionamiento de maquinaria, entre otras, afectan la calidad del aire por la generación de polvo y los niveles de ruido, los cuales, además

de tener efectos negativos en la población de trabajadores que opera en los sitios de trabajo, también lo hace en los residentes del entorno o área de influencia. (360enconcreto, 2019)

Por todo lo anteriormente descrito es que propongo se estudie la posibilidad de realizar los mantenimientos de las pistas de aeropuertos en Colombia con grafeno, al ser este un material ambientalmente amigable y con mínimo de impacto al medio ambiente, eso sí enfocándolos en el marco jurídico ambiental.

El Grafeno, sus características y usos en la industria de la construcción civil

Conceptos básicos sobre el Grafeno

El grafeno es un nanomaterial bidimensional, consistente en una sola capa de átomos de carbono. A pesar de ser tan fino y ligero, es el material más fuerte que se conoce en la naturaleza, con una resistencia 200 veces superior al acero estructural con el mismo espesor. (Graphenano, 2017, pág. 2)

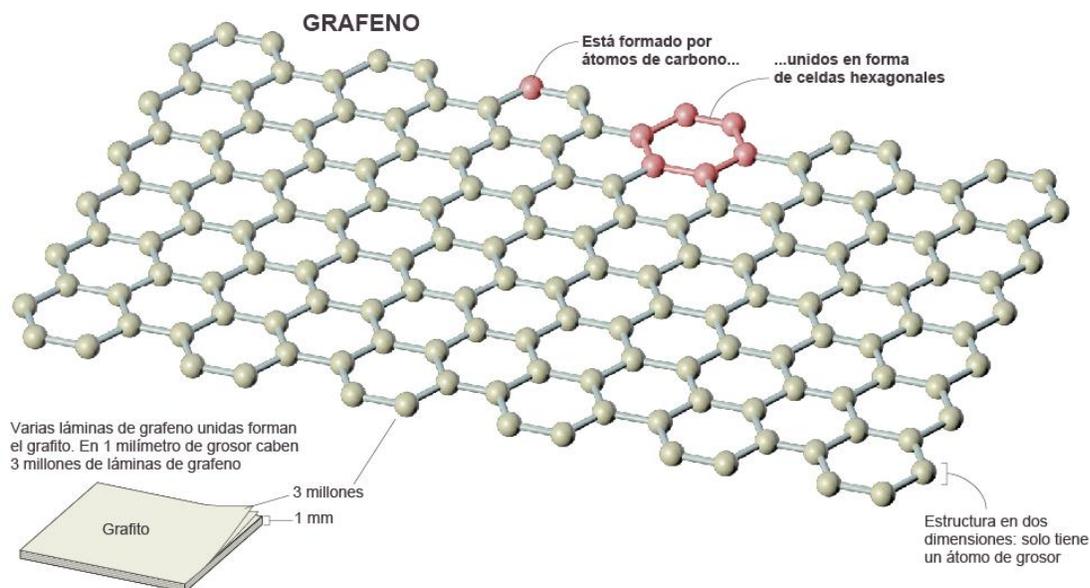


Figura 1. Estructura del grafeno.

Nota. Fuente. (Pais, 2014)

El proyecto Graphos compuesto por un consorcio de empresas de diversos sectores productivos, busca la inclusión del grafeno en sus procesos productivos y aplicaciones industriales, para tratar de transferir algunas de las grandes capacidades y funcionalidades de este material a multitud de productos industrializados.

Otras de las líneas en la que Becsa está investigando en el proyecto, es la utilización de grafeno como aditivo que mejore la conductividad tanto térmica como eléctrica de los pavimentos. (Grafeno, 2109)

La importancia del grafeno que gana premio nobel

El estudio del grafeno ha cobrado una importancia a nivel mundial, dados los diferentes resultados que se han obtenido en diferentes estudios y a las múltiples aplicaciones que se le pueden dar, particularmente en el uso tecnológico y en la ingeniería, tal ha sido la novedad y el impacto que podría causar este material que hasta a los descubridores de éste les fue otorgado el reconocimiento del premio Nobel de Física en el año 2010.

El premio, otorgado a los físicos de la Universidad de Manchester Andre Geim y Konstantin Novoselov, como resultado de un trabajo ejecutado durante aproximadamente una década, experimentando con el grafeno, una lámina bidimensional de átomos de carbono, este material desde entonces ha sido utilizado para desarrollar transistores rompedores de récords y electrodos elásticos. (Katerine, 2010).

En 2004, los investigadores obtuvieron grafeno en el laboratorio mediante el uso de cinta adhesiva para pelar un trozo de grafito en hojas cada vez más delgadas. Una hoja de grafeno consiste en una única capa de átomos de carbono entrelazados en un patrón hexagonal, con la similitud de un panal de abejas

La técnica de Geim y Novoselov, puede ser utilizada para obtener el material en cantidades pequeñas, aunque suficientes para ser estudiadas en el laboratorio y desarrollar dispositivos de prueba, como también para realizar su fabricación en masa. Durante los años de investigación, han desarrollado varios métodos para la obtención de grandes cantidades de material, y actualmente están aprendiendo a utilizarlo para fabricar dispositivos. (Katerine, 2010)

Breve historia del grafeno

Durante varias décadas se conoció que el carbono puro a temperatura y presión ambiente, existía en el grafito de los lápices (Constituido por láminas fáciles de separar) y en el diamante (De estructuras cúbicas istalinas).

El diamante y el grafito siendo el mismo compuesto químico de carbono tienen estructuras diferentes y por esto los materiales que los forman tienen características diferentes, hecho muy poco frecuente en la naturaleza.

Por ello es aún más sorprendente que entre finales del siglo XX y en lo que va del XXI se hayan descubierto aún más formas de carbono. El desarrollo histórico de la investigación del carbono y sus formas materiales se inició en 1940 año en que se investiga de forma exhaustiva el grafito. (Carrillo Lozano, 2014)

En 1960 se caracterizan los compuestos intercalares del grafito. Quince años después se sintetiza el poliacetileno. En 1985 se observan los furellenos (C60 y mayores) en el espacio exterior. En 1985 se observan los furellenos (C60 y mayores) en el espacio exterior. En 1991 ya se observaron los nanotubos de Carbono (Tubos de carbono con gran variedad de formas. metálicos o semiconductores).

En el 2004 Geim y Novoselov obtuvieron grafeno en el laboratorio puliendo pedazos de grafito los cuales los llevaron a cinta adhesiva y ejerciendo presión sobre estos pedazos lograron estampar en un vidrio de microscopio una micra muy delgada de este compuesto para así

analizar sus características. Mediante este método tan sencillo (para. semejante hallazgo tan revolucionario), lograron hojas cada vez más delgadas hasta conseguir el grafeno.

En el 2010 se otorgó el premio nobel de física a André Geim y Konstantin Novoselov, ambos investigadores de la universidad de Manchester, por ser los primeros en obtener y realizar experimentos sobre el grafeno (lámina bidimensional de átomos de carbono). (Carrillo Lozano, 2014)

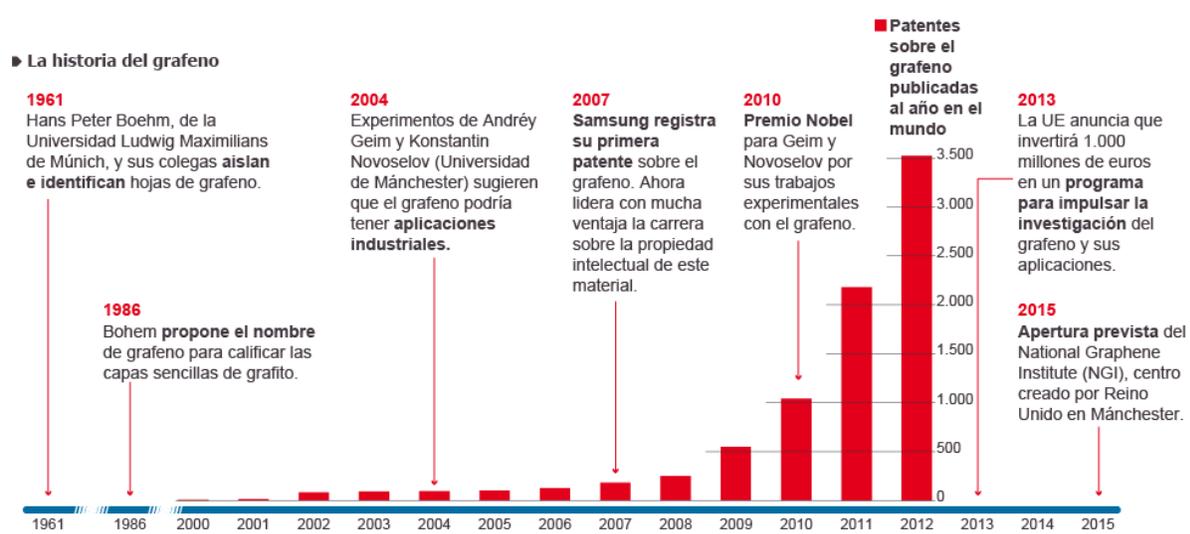


Figura 4 Breve historia del grafeno.

Nota. Fuente. (Pais, 2014)

Productores de grafeno en el mundo

En la gráfica 5 se observa que la región de Asia es donde mayormente hay países productores del material, seguidos muy de cerca por el continente europeo liderados por España que en los últimos años ha sido el abanderado en la producción de este material, una potencia como Estados Unidos no se ha quedado atrás en producción y comercialización de este importante producto y finalmente a nivel Latino América, observamos a México y a nuestro país Colombia que ya han empezado su producción. Finalmente, y aunque no aparece dentro de la

gráfica no podemos dejar de mencionar a Chile que nivel latinoamericano ya ha avanzado mucho en el tema.

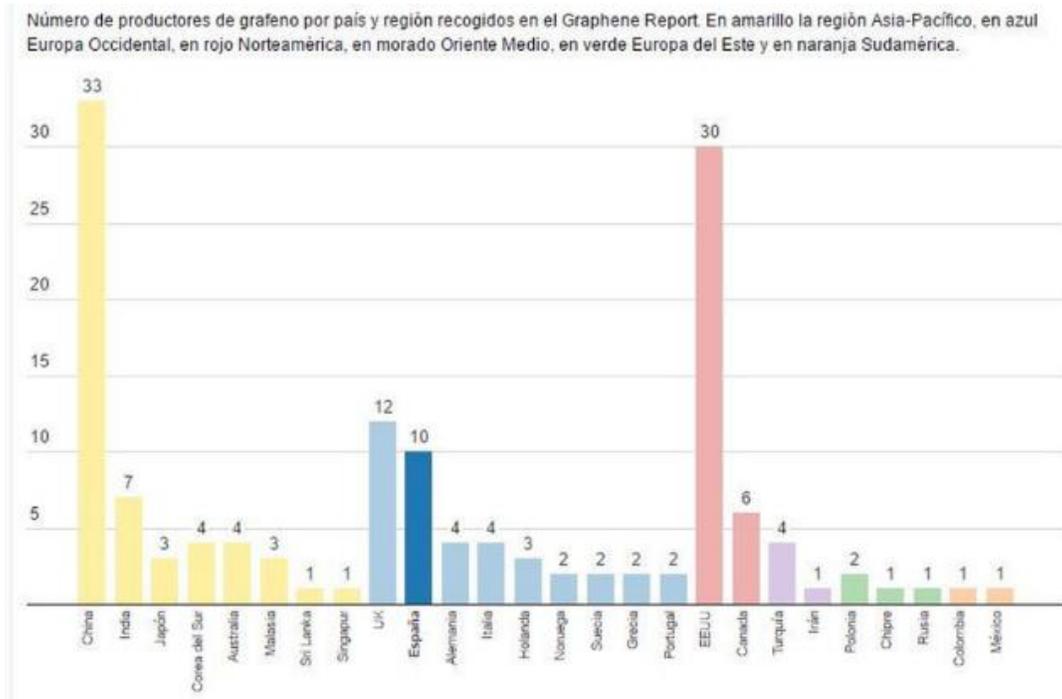


Figura 5 Productores de grafeno por país en 2017

Nota. Fuente. (Español, 2017)

Autopistas y pistas de aeropuerto ya empiezan a utilizar el grafeno

A continuación, se citan algunas obras que, a nivel mundial, que se vienen realizando con el grafeno, a fin de construir o realizar mantenimientos a carreteras o pistas de aeropuertos, para con esto dar a entender la importancia que este material está cobrando en la ingeniería actual y por qué Colombia debería interesarse en su estudio y utilización.

Que se hace en el mundo

Son diferentes los lugares en los que se ha evidenciado la acogida del grafeno, como material para las construcciones como se refleja en los ejemplos descritos a continuación y cuyos resultados han sido favorables a la presente.

En el aeropuerto de Roma, está en operación una pista de aterrizaje hecha con grafeno. El material es más duradero y necesita menos mantenimiento que el asfalto tradicional y además es 100% reciclable. (CNN, 2020)

En otros casos como el de la firma castellanense Becsa, han logrado la integración de grafeno en sus mezclas bituminosas, mejorando la durabilidad, usándola particularmente en firmes asfálticos fabricados a menor temperatura con una alta tasa de reciclado, lo que ha implicado nuevos logros como parte del proyecto adelantado por la firma. Además se evidencia que el uso de este tipo de pavimentos permite disminuir las emisiones de CO₂ durante su fabricación y a la vez que reducen el consumo de recursos naturales potenciando la economía circular. (El Mundo, 2020)

En la ciudad metropolitana de Milán, se están poniendo en práctica pruebas del uso de este material como base de un superaditivo para asfaltar y reconstruir carreteras, propiciando que vivan un 250% más de tiempo. El producto se denomina Gipave y ha sido desarrollado en colaboración con G.Eco (Grupo A2A), la Universidad de Milán Bicocca y Directa Plus. (Nuñez, 2019). Este método innovador para reconstruir varios tramos de sus carreteras provinciales gracias a la iniciativa de la compañía Iterchimica, permitirá que los pavimentos perduren dos veces más, toda vez que serán más resistentes y menos susceptibles a los cambios de temperatura intensos.

Hace 4 años comenzamos a estudiar y diseñar un aditivo de grafeno en nuestros laboratorios y a probar sus efectos sobre los asfaltos, con resultados impresionantes en términos de durabilidad y aumento de la vida útil del pavimento, aprovechando una llamada de la Región de Lombardía, apunta Federica Giannattasio, CEO de Iterchimica. (Nuñez, 2019)

Tal y como detallan desde Ecoinvents, se reconstruirán con este material tres capas del pavimento de la carretera (base, aglutinante, desgaste) de un tramo de unos 500 metros de la Carretera Provincial 35 Milán-Meda, desde el km 133+300 hasta el 132+850 en dirección a Milán. Por otro lado, a principios de octubre se repararán dos capas del firme (base y desgaste) de un tramo de 600 metros de la Carretera Provincial 40 Lacchiarella, desde el km 3+850 al km 4+900. (Nuñez, 2019)

Otro de los casos es el de la empresa Skanska y el condado de Oxfordshire, Inglaterra, quienes están trabajando para probar el uso de un tipo de asfalto mejorado con grafeno.

El proyecto es dirigido por el especialista en grafeno Directa Plus, que produce y suministra productos a base de grafeno para el mercado industrial y de consumo, para el caso, en el ensayo realizado en Curbridge, Oxfordshire, se verán 750 mts de carretera tendida con concreto asfáltico con un super modificador patentado mejorado con grafeno. (Grafeno, 2109)

El modificador, conocido como G+, se colocará en las dos capas superiores de la superficie de la carretera. El contrato se lleva a cabo con la cooperación del Consejo del Condado de Oxfordshire, con la empresa Skanska como contratista principal.

Este Ensayo, que compara el concreto asfáltico con el súper modificador con una superficie de asfalto tradicional, evaluará vida de servicio; resistencia al paso de vehículos; resistencia a la deformación; y deformación plástica permanente. Esto se desprende de las pruebas exitosas anunciadas previamente por la Compañía en Italia. (Grafeno, 2109)

Que se hace en Colombia actualmente

Actualmente nuestro país no le ha dado la importancia que el estudio y utilización del grafeno merece para ser utilizado en el mantenimiento de carreteras y pistas de aeropuertos, ya que a mi parecer y pese a importancia que se está dando en el mundo al mantenimiento y construcción de pistas en el mundo aun no nos hemos interesado ni a nivel educativo y mucho menos a nivel empresarial.



Ilustración 5. Pista levantada umbral 1-2 (Aeropuerto de Florencia)

Nota. Tomado: Foto propia.



Ilustración 6. Baches en pista (Aeropuerto florencia)

Nota. Tomado: Foto propia.



Ilustración 7. Bache en calle de rodaje Bravo (Aeropuerto neiva)

Nota. Tomado: Foto propia.

En las fotografías anteriores es evidente el mal estado de las pistas, lo que podría generar algún incidente y/o retrasos a la operación.

El verdadero problema en Colombia para la utilización del grafeno en su industria de la construcción a mi parecer radica, en el desconocimiento parcial o total de este material por los profesionales de la ingeniería civil mas no en la obtención de este, ya que en el país algunas industrias están empezando a desarrollarlo, lo anterior dado que al hablar por lo menos con cinco ingenieros de este ramo demostraron total desconocimiento de este nuevo componente y su utilización actual en el mantenimiento de carreteras y construcción de pistas de aeropuertos, como lo demostré anteriormente.



Ilustración 8 y 9. Bache en calle de rodaje Bravo (Aeropuerto de Neiva)

Nota. Tomado: Foto propia.



Ilustración 10 y 11. Carretales vía de acceso a los hangares (aeropuerto neiva)

Nota. Tomado: Foto propia.



Ilustración 12 y 13. Estado entrada hangares (Aeropuerto de Neiva)

Nota. Tomado: Foto propia.

Como se puede observar en las fotografías anteriores de los carretales vía de acceso a los hangares, vías de acceso a los mismos, y estado de las pistas, podemos evidenciar la seria afectación para la movilización de aeronaves desde los hangares hasta la pista, así mismo traería contaminación de FOD hacia la plataforma si se utiliza como esta. Para Lo cual se recomienda realizar mantenimiento para que pueda ser utilizada, como estas pistas de las que se envía un par de ejemplos existen varias en nuestros aeropuertos colombianos en los que proponemos la utilización del grafeno para sus mantenimientos y empezar a colocar en prueba nuestra ingeniería con este nuevo material que en definitiva a probado ser más amigo ambientalmente.

Conclusiones

A causa del alto grado de desgaste de cualquier pista aeroportuaria, se puede colocar en riesgo la operación de un aeropuerto dado a los daños que estas sufren. Razón por la cual es fundamental un constante y continuo mantenimiento en las mismas.

A pesar de todo el esfuerzo que se realiza constantemente en el mantenimiento de las pistas de los aeropuertos en Colombia, es frecuente ver el mal estado de estas, como quedó demostrado en el presente ensayo, lo anterior conlleva a daños medioambientales, pérdidas económicas, dado a las deficiencias técnicas del concreto convencional.

Tras el análisis realizado podemos asegurar que son más las ventajas que las desventajas que ofrecería la utilización técnica del grafeno frente al concreto convencional, dado a su dureza que se traduce en duración en el tiempo, así como las ventajas medio ambientales de este al ser 100% reutilizable.

Es importante aclarar que con este ensayo no pretendo que se dé solución inmediata al problema de los mantenimientos de las pistas de los aeropuertos en Colombia, pero si busco sembrar una semilla en el consiente de los ingenieros dedicados a este campo para que exploren nuevas alternativas de mantenimientos en las mismas a fin de explorar nuevos elementos que permitan ser más amigables con el planeta y permitan una mayor duración de estas, lo que sin duda contribuiría enormemente en el aspecto ambiental y económico.

Para concluir pienso que el grafeno es un material que puede traer grandes beneficios en la ingeniería civil, en la construcción y mantenimientos de carreteras y pistas aéreas, con lo que Colombia tendría una gran oportunidad de desarrollo si se empieza a invertir tempranamente en estos descubrimientos que ya están mostrando sus bondades.

Recomendaciones

Dada la importancia del tema que se trató en el presente Ensayo, considero relevante que, de parte de las instituciones de educación superior, se vea la posibilidad de integrar estos nuevos hallazgos, con los que nivel mundial se vienen realizando estudios y pruebas, en los pensum académicos, ya que, al hablar con varios ingenieros civiles y arquitectos, desconocen por completo estos nuevos materiales y técnicas en la construcción o mantenimientos de carreteras y pistas aéreas, lo que ya de por si demuestra un retraso en la educación.

Se recomienda de acuerdo a la presente investigación se plantee, que Colombia apueste al estudio y uso de estas nuevas tecnologías basadas en el grafeno, para el mantenimiento de las pistas de aeropuertos a fin de ser competitivos en el mercado a un futuro no muy lejano, y contribuir de esta manera a la conservación del medio ambiente.

Se recomienda que los futuros estudios a futuro se fundamenten en la información científica disponible sobre la utilización del grafeno, incluyendo estudios estadísticos y de suelo en nuestro país sea base fundamental para mejorar, orientar y planificar en Colombia acciones destinadas a la utilización de este nuevo producto.

La importancia de la propuesta de utilización del grafeno, da énfasis a la necesidad de que estos estudios y prácticas que se realizan a nivel mundial, sean difundidos, explicados y discutidos entre los entes públicos y empresas privadas de nuestro país que intervienen en el proceso de desarrollo nacional.

Se recomienda de nuestra parte Incentivar a las empresas de construcción y mantenimientos de pistas aeroportuarias, para que establezcan programas tendientes a analizar la manera como pueden empezar a utilizar el grafeno. Por ejemplo, en los nuevos proyectos utilizar entre un 5% y 10% de las obras el grafeno.

Referencias

360enconcreto. (11 de 12 de 2019). Caracterización de impactos ambientales en la industria de la construcción. 360enconcreto.com. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/impactos-ambientales-en-la-industria-de-la-construccion>

Airports Council International, ACI. (28 de junio de 2013). Guía para el mantenimiento de las pistas, de acuerdo con el Anexo 14 de la Oaci. Recuperado de <https://www.icao.int/RASGPA/Documents/GUIDEA14/RASGPAGuiamantenimietoPistasEspa%C3%B1ol.pdf>.

Anexo 19 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Gestión de la seguridad Operacional. OACI, Julio de 2016. Recuperado de https://www.icao.int/SAM/Documents/2017-SSP-JIAAC-ARG/Anexo19_2daEdition_es.pdf#search=anexo%2019

Buarapa, A. (s.f.). *Escombros de la demolición de asfalto de la carretera*. Recuperado de https://es.123rf.com/photo_12699340_escombros-de-la-demolici%C3%B3n-de-asfalto-de-la-carretera.html

Caracol Radio, (Productor). (23 de diciembre de 2016). Mal estado de la pista del aeropuerto de Providencia afecta la seguridad operacional [Audio]. Recuperado de https://caracol.com.co/emisora/2016/12/23/san_andres/1482505268_192069.html

Carrillo Lozano, G. M. (2014). Grafeno. TecnoESUFA. Revista de tecnología aeronáutica, Volumen 21, 45-47.

Circular Técnica Reglamentaria 061, Guía de mantenimiento infraestructura del área de movimiento - pavimentos. Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Bogotá, Colombia, 22 de mayo de 2012. Recuperado de <http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/CIRCULARES%20AGA/CI%20061%20-%20V1.pdf>

Ciudad limpia. (2014). Recolección de escombros. Recuperado de https://www.ciudadlimpia.com.co/site/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=151

CNN. Pistas de aterrizaje del futuro podrían ser de grafeno. (25 de enero de 2020). Recuperado de <https://headtopics.com/es/pistas-de-aterrizaje-del-futuro-podr-an-ser-de-grafeno-10896098>

Eje21. Colombia, líder en seguridad operacional y aérea en Latinoamérica. (12 de abril de 2013). Recuperado de <http://www.eje21.com.co/2013/04/colombia-lider-en-seguridad-operacional-y-aerea-en-latinoamerica/>

El Español. España, potencia mundial en grafeno, el material de la electrónica del futuro.(26 de enero de 2017). Recuperado de https://www.elespanol.com/ciencia/tecnologia/20170125/188731985_0.html

El Heraldo. Operación de aeropuerto de Valledupar, en riesgo por huecos en pista. (12 de abril de 2019). Recuperado <https://www.elheraldo.co/cesar/operacion-de-aeropuerto-de-valledupar-en-riesgo-por-huecos-en-pista-619174>

El Heraldo. Aerocivil invierte en 13 aeropuertos, 4 de ellos son en la costa. (08 de agosto de 2019). Recuperado de <https://www.elheraldo.co/region-caribe/aerocivil-invierte-en-13-aeropuertos-4-de-ellos-en-la-costa-656411>

El Mundo. Innovación en carreteras: grafeno para mayor durabilidad del asfalto y "calefactable" ante heladas. (febrero de 2020). Recuperado de <https://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/castellon/2020/02/18/5e4be471fdddf4a9e8b45e8.html>

El País. Estructura y aplicaciones del grafeno. (23 de noviembre de 2014). Recuperado de https://elpais.com/elpais/2014/11/21/media/1416592800_277639.html

El País. ¿Cómo van las obras de recuperación de aeropuertos en el Pacífico? (14 de septiembre de 2016). Recuperado de <https://www.elpais.com.co/economia/como-van-las-obras-de-recuperacion-de-aeropuertos-en-el-pacifico.html>

El Universal. Copa Airlines Colombia recibió certificación de seguridad SMS. (26 de octubre de 2010). Recuperado de <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/economica/copa-airlines-colombia-recibio-certificacion-de-seguridad-sms>

Grafeno.co. Empresa sueca Skanska probará el grafeno en carreteras. (11 de noviembre de 2109). Recuperado de <https://grafeno.co>: <https://grafeno.co/empresa-sueca-skanska-probara-el-grafeno-en-carreteras/>

Graphenano. com. El grafeno: propiedades y aplicaciones (julio de 2017). Recuperado de <https://www.graphenano.com/uploads/2017/11/Que-es-el-grafeno.pdf>

IATA. (2017). *Safety Report*. Recuperado de https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2017_18072017.pdf

Katerine, B. MIT Technology Review. El grafeno gana el Premio Nobel. (7 de octubre de 2010). Recuperado de <https://www.technologyreview.es/s/1475/el-grafeno-gana-el-premio-nobel>

La información.com. ¿Qué es y para qué sirve el grafeno, material del futuro?. (2 de agosto de 2019). Recuperado de <https://www.lainformacion.com/practicopedia/que-es-y-para-que-sirve-el-grafeno-el-material-del-futuro/6508572/>.

La W Radio. Aeropuerto de San Andres cerrado por desprendimiento de la pista. (22 de 06 de 2016). Recuperado de <https://www.wradio.com.co/noticias/regionales/aeropuerto-de-san-andres-cerrado-por-desprendimiento-de-la-pista/20160622/nota/3168964.aspx>

Lopez, A. El Heraldo. Aerocivil invierte en 13 aeropuertos, 4 de ellos en la Costa. (08 de agosto de 2019). Recuperado de <https://www.elheraldo.co/region-caribe/aerocivil-invierte-en-13-aeropuertos-4-de-ellos-en-la-costa-656411>

Ministerio de Transporte. Transporte Aéreo- Aeropuertos. (Marzo de 2020). Recuperado de www.mintransporte.gov.co: www.mintransporte.gov.co/preguntas-frecuentes/67/transporte-aereo---aeropuertos/

Núñez, A. Las carreteras pueden durar un 250% más gracias a un aditivo de grafeno. (12 de septiembre de 2019). Recuperado de <https://www.ticbeat.com/innovacion/aditivo-grafeno-carreteras/>

Ortiz, L. Eadic Formación y Consultoría.. Importancia del Mantenimiento de Pavimentos Aeroportuarios. Madrid, España. (23 de agosto de 2019). Recuperado de www.eadic.com/importancia-del-mantenimiento-de-pavimentos-aeroportuarios

Radio nacional de Colombia. Advierten afectación de operaciones por daños en pista de Aeropuerto de San Andres. (11 de mayo de 2016). Recuperado de www.radionacional.co: <https://www.radionacional.co/noticia/regiones/diputados-advierten-danos-pista-aeropuerto-san-andres>

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Inversiones de Aerocivil en terminales aéreas de regiones apartadas benefician a más colombianos. (4 de mayo de 2019).

<http://www.aerocivil.gov.co>. Recuperado de <http://www.aerocivil.gov.co/prensa/noticias/Pages/Inversiones-de-Aerocivil-en-terminales-a%C3%A9reas-de-regiones-apartadas-benefician-a-m%C3%A1s-colombianos-.aspx>

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, UAEAC. (2018). Nota de estudio, Foro plan estratégico Aeronáutico 2018-2020. Seguridad Operacional. Recuperado de http://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/foro2030/Documents/NOTA%20DE%20ESTUDIO__Seguridad%20Operacional.pdf