



Revisión documental: La nanotecnología y su influencia en la construcción de la vía terciaria que conduce a la vereda La Balsita, sector Diamante del municipio de Agua de Dios, Cundinamarca

Wílmар Antonio Eslava Colmenares

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Noviembre de 2020

Nanotecnología y vías terciarias

Revisión documental: La nanotecnología y su influencia en el diseño de la vía terciaria que conduce a la vereda La Balsita, sector Diamante del municipio de Agua de Dios, Cundinamarca

Wílmар Antonio Eslava Colmenares

Monografía presentada como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor(a)

Jaime Moreno Loaiza

Ingeniero Civil, especialista en diseño y construcción de vías y aeropistas

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Noviembre de 2020

## Dedicatoria

*Fundamentalmente dedico este logro a Dios quien cambio mis estrellas y por medio de su gracia me dio aún más de lo que soñé.*

*A mi amada esposa Yuss quien siempre puede ver mis capacidades y asume mis batallas como propias porque, **Juntos serán como héroes que combaten sobre el lodo de las calles, que luchan contra jinetes y los derriban porque el SEÑOR está con ellos. Zacarías 10:5***

*También a mi amado hijo Jerónimo que me recuerda con su sonrisa que para Dios nada es imposible.*

*Quiero dedicar especialmente a mi madre quien no solo confía en mí, sino que también soñó conmigo para que esto fuera posible.*

*A mis hermanos Jessi y Juancho, por su confianza en que podía lograr cualquier cosa que me propusiera.*

*A mi suegra, por recibirme en su corazón como hijo y creer en mí.*

*A mi suegro, por su apoyo en los momentos que yo no podía suplir.*

*A mi papá, porque, aunque no esté aquí físicamente, me enseñó con su ejemplo que la construcción no solo radica en edificaciones, sino que también puede ser fundamental en la construcción de una familia.*

### **Agradecimientos**

En primera instancia agradezco a Dios, quien vio en mí lo que otros no pudieron ver y me respaldó para que hoy pueda estar en el lugar en el que estoy.

A La Corporación Universitaria Minuto de Dios por tener la visión de llevar a varios municipios la academia, puesto que por medio de la regional Cundinamarca- Girardot no solo logre mi sueño profesional si no el de mi familia.

Al Ingeniero Jaime Moreno Loaiza, por su disposición y confianza para la realización de este trabajo.

Agradezco a mis docentes por aportar de su conocimiento para hoy llegar hasta aquí, en especial al ingeniero Jorge Triana, por su enseñanza basada en la experiencia y cómo con una de sus frases celebres logré interpretar el liderazgo de un ingeniero “Úntese de concreto Ingeniero”

También al Municipio de Agua de Dios, especialmente al alcalde Luis Felipe Tapias, por confiar en mis capacidades para ejercer mi profesión al servicio de la comunidad aguadediosense.

Y finalmente agradezco a mi carro “el palomo”, que siempre pudo llevarme durante 5 años no solo a mí y a mi esposa, sino que también a un grupo de personas que soñábamos con ser profesionales.

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| Introducción .....   | 12 |
| 1 APROXIMACIONES HACIA EL OBJETO DE ESTUDIO.....   | 14 |
| 1.1 Formulación del problema .....   | 14 |
| 1.2 Pregunta problema.....   | 17 |
| 1.3 Objetivos .....  | 17 |
| 1.3.1 Objetivo General.....  | 17 |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....  | 17 |
| 1.4 Justificación.....   | 18 |
| 2 REVISIONES TEÓRICAS .....  | 20 |
| 2.1 Estado del Arte .....  | 20 |
| 2.2 Marco Teórico .....  | 25 |
| 2.2.1 Nanociencia y Nanotecnología .....   | 26 |
| 2.2.2 Nanotubos de carbono.....  | 27 |
| 2.2.3 Sistema de Transporte Coloidal (S.T.C).....  | 28 |
| 2.2.4 Dióxido de titanio .....   | 28 |
| 2.2.5 Características mejoradas a partir de la Nanotecnología .....  | 29 |
| 2.3 Marco conceptual .....   | 30 |
| 2.4 Marco legal.....   | 32 |
| 2.5 Marco Institucional .....  | 36 |
| 3 METODOLOGÍA.....   | 37 |
| 3.1 Muestra.....   | 39 |
| 3.2 Técnicas e instrumentos de investigación .....   | 40 |
| 4 NANOTECNOLOGÍA: UNA REALIDAD NO MUY LEJANA PARA LA REGIÓN. ....  | 42 |
| 4.1 Resultados análisis cuantitativos del rastreo de información.....  | 42 |
| 4.2 Resultados: Comparativo de costos Sistema constructivo tradicional versus Sistema de Transporte Coloidal S.T.C ..... | 53 |

## Nanotecnología y vías terciarias

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 4.3 | Resultados: Análisis técnico de la comparación de las alternativas de la construcción de la Vereda La Balsita Sector El Diamante..... | 55 |
| 4.4 | Conclusiones .....  | 57 |
| 4.5 | Recomendaciones.....  | 60 |
|     | Referencias.....  | 61 |
|     | Anexos .....  | 64 |

## Lista de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Procesos de estabilización química de la Guía para el diseño y la construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizadas mediante procesos químicos proporcionada por el Instituto de Desarrollo Urbano -IDU. Capítulo 2.2 tipos de proceso de estabilización.....</i>               | 35 |
| Tabla 2 <i>Cualidades de los suelos a estabilizar según el proceso, de la Guía para el diseño y la construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizadas mediante procesos químicos proporcionada por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) Capitulo 3.1.1 Cualidades de los suelos.....</i> | 35 |
| Tabla 3 <i>Tipo de artículo.....</i>   | 42 |
| Tabla 4 <i>Tipo de publicación .....</i>   | 44 |
| Tabla 5 <i>Año de publicación .....</i>  | 45 |
| Tabla 6 <i>Países de publicación .....</i>   | 47 |
| Tabla 7 <i>Bases de datos de Consultas.....</i>  | 48 |
| Tabla 8 <i>Tema de investigación .....</i>   | 50 |
| Tabla 9 <i>Tipo de fuente.....</i>   | 51 |
| Tabla 10 <i>Presupuesto Placa Huella sistema constructivo tradicional. ....</i>  | 54 |
| Tabla 11 <i>Presupuesto Placa Huella Sistema de Transporte Coloidal (S.T.C).....</i>   | 55 |
| Tabla 12 <i>Cronograma de actividades Sistema constructivo tradicional.....</i>  | 56 |
| Tabla 13 <i>Cronograma de actividades Sistema de Transporte Coloidal S.T.C.....</i>  | 57 |

**Lista de figuras**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 <i>Fotografía Iglesia “Dives in misericordia”- Italia Roma</i> .....  | 21 |
| Figura 2 <i>Vía estabilizada con RoadCem Urucú Brasil</i> .....  | 23 |
| Figura 3 <i>Fotografías carrera 114 entre calle 74 y la avenida 80 vía de acceso a la escombrera del distrito.</i> ..... | 24 |
| Figura 4 <i>Fotografías Avenida 1 de mayo segmento 7 y 21</i> .....  | 24 |
| Figura 5 <i>Fotografías carrera 141 entre calle 144 y 143 Barrio Bilbao</i> .....  | 25 |
| Figura 6 <i>Escala de dimensiones</i> .....  | 26 |
| Figura 7 <i>Esquema de Organización en Colombia de autoridades en nanotecnología</i> .....                               | 36 |
| Figura 8 <i>Gráfica clasificación de tipologías de los artículos investigados</i> .....                                  | 43 |
| Figura 9 <i>Gráfica tipologías de publicación</i> .....  | 44 |
| Figura 10 <i>Gráfica Año de publicación</i> .....  | 46 |
| Figura 11 <i>Gráfica países con investigaciones del tema de estudio</i> .....  | 47 |
| Figura 12 <i>Gráfica bases de datos de consultadas</i> .....   | 49 |
| Figura 13 <i>Gráfica tema de investigación categorizado</i> .....  | 50 |
| Figura 14 <i>Gráfica jerarquización de fuentes literarias</i> .....  | 52 |



**Lista de anexos**

Anexo 1 *Matriz Documental revisión literatura*. ..... 64

## **Resumen**

Para la generación de proyectos viales de tercera categoría se realiza una investigación a partir de una matriz referencial la cual esta sectorizada en, la nanotecnología en la construcción y en los materiales, para lo cual se realiza el comparativo de un presupuesto para una placa huella de la manera tradicional y versus un presupuesto eliminando los ítems los cuales no se utilizan ya que por medio de la estabilización in situ se reducen las actividades y los costos operacionales, llegando a si a una síntesis de la literatura contrastada mediante una investigación de tipo exploratoria con un enfoque mixto y una técnica documental en el que el instrumento principal es la matriz de referencia.

***Palabras clave:*** Nanotecnología, Nanociencia, Suelo, Estabilización, Moléculas, Eficiencia.

**Abstract**

For the generation of third category road projects, research is carried out based on a reference matrix which is sectorized into nanotechnology in construction and materials, for which a comparison is made between a budget for a footprint plate in the traditional way and versus a budget eliminating items which are not used since by means of in situ stabilization activities and operational costs are reduced, reaching a synthesis of the contrasted literature by means of an exploratory type research with a mixed approach and a documentary technique in which the main instrument is the reference matrix.

*Keywords:* Nanotechnology, Nanoscience, Soil, Stabilization, Molecules, Efficiency

## Introducción

Es sabido que la tecnología es parte fundamental de la vida del ser humano moderno, y con un acelerado cambio en la forma de vida y en el número de sus habitantes es necesario adaptar nuevos lugares para el asentamiento de la humanidad por lo cual la construcción también evoluciona de tal manera, que desafía a la naturaleza.

Es por eso que a partir de lo anterior era necesario buscar, investigar e indagar en procesos o tecnologías que mejoren las construcciones, que además permitan tener una eficiencia en tiempos de ejecución y costos.

Para la construcción de vías fundamentalmente se busca esta eficiencia en el suelo que debe tener cualidades que suplan con requerimientos mínimos por lo cual es muy utilizado la estabilización de los suelos, que se puede dar mediante suelo-cemento que es un proceso mecánico y químico que consiste en la mezcla del suelo con una cantidad de cemento y agua hasta tener una mezcla homogénea y se dispersa mediante capas a lo largo del área a mejorar.

A partir de lo anterior para los suelos que no cumplen estos requerimientos se utiliza el remplazo del material, siendo esto uno de los factores que afecta el tiempo de ejecución de la obra aumentando los costos operacionales por transporte y retiro de materiales.

Contemplando lo anterior se propone en esta revisión documental como la utilización de la nanotecnología genera una optimización de la estabilización del suelo en vías generando una

reducción en el tiempo y el costo de un proyecto. Además, como se mejoran las cualidades del suelo. Además en esta misma investigación se presenta un paralelo en cuanto a presupuestos y tiempos de la construcción de una vía terciaria de forma tradicional versus una aplicando nanotecnología.

Esta es la primera investigación en la Corporación Universitaria Minuto de Dios centro Regional Girardot sobre nanotecnología que tiene por objeto dejar una idea propuesta para próximos proyectos y la aplicación de la nanotecnología en la construcción.

## 1 APROXIMACIONES HACIA EL OBJETO DE ESTUDIO

*“En algún lugar, algo increíble está esperando ser conocido”.*

*Carl Sagan.*

### 1.1 Formulación del problema

La era industrial dio un paso al costado para dar cabida a la época de la revolución del conocimiento, también conocida como siglo XXI o tiempo de la innovación, de lo incierto, en donde lo global y lo local ya no tienen un límite gracias a la tecnología que se experimenta en el momento. Es por ello que el sector constructivo ha encontrado en la modernidad un aliado estratégico para la resolución de sus mayores adversarios tales como los menguados presupuestos, calidad de materiales y obras, acortar los tiempos en ejecución y entrega, el clima entre otros.

Es así como la nanotecnología que, en otros tiempos sonaría como algo futurista y sin sentido en este siglo es un adelanto en el desarrollo del conocimiento conceptual y experimental esta ciencia permite “el diseño, caracterización y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas complejos mediante el control de la forma, el tamaño y las propiedades de la materia a escala nanométrica” (Mendoza & Rodriguez, 2007, p.162). De esta manera dicha ciencia no es un todo absoluto puesto que busca poder evaluar molecularmente los materiales, las células y los recursos naturales valiéndose de “la nanociencia que es el estudio de los fenómenos y la manipulación de materiales a escala nanométrica” (Mendoza & Rodriguez, 2007, p. 162), convirtiéndose de esta forma en un campo de amplia exploración interdisciplinar.

Tomando en cuenta lo anterior se vislumbra la posibilidad de imaginar construcciones sostenibles que puedan repararse por sí mismas o que puedan ser evaluadas de manera ocular por

medio de pinturas luego de un sismo, es así como “la nanotecnología incursiona en el sector de la construcción con avances tecnológicos en hormigones reforzados, cementos de nuevas propiedades, nuevos tratamientos para la corrosión, hormigones conductores de la electricidad, aislantes térmicos y acústicos, entre otros” (Cervantes, 2011, p. 4).

Por tal motivo, las zonas cálidas en las que hay un aumento en las temperaturas a causa del calentamiento global y en donde los tiempos de verano han tendido a extenderse es vital contar con infraestructuras apropiadas y adaptables al entorno en las que haciendo uso de productos nanotecnológicos se puede llegar a reducir hasta siete grados centígrados, pues mediante “las propiedades físicas intrínsecas se regula el exceso o falta de calor en los interiores, minimizando las fluctuaciones térmicas y reduciendo el consumo energético” (Cervantes, 2011, p. 2), contribuyendo de esta manera al confort y bienestar de las personas que hagan uso de tales materiales.

Dentro de dichas infraestructuras, se presentan las vías como uno de los ejes principales de desarrollo e integración del tejido social y en Colombia se hace importante reforzar la malla vial primaria e implementar la instalación de vías terciarias dado que el sector rural cuenta con un porcentaje muy bajo de construcción de sus vías de acceso lo que imposibilita en gran parte el desarrollo de la población campesina.

Por tal motivo la nanotecnología ha logrado desarrollar productos que generan un cambio en la manera de construir vías, en cuanto a coste y tiempos, pues permite construir “in situ” tal es el ejemplo de la empresa mexicana *Turbo Roof* que desarrolló una mejora en el desempeño de la mezcla asfáltica mediante el uso de dicha tecnología logrando transformar la “superficie polar de los agregados, modificando dicha superficie en no-polar por lo que puede enlazarse al 95% de la

composición no-polar del asfalto. Este cambio incrementa entre 35-45% la fuerza de compresión y aumenta la flexibilidad en los pavimentos asfálticos” (Cervantes, 2011, p.4), contrario a la forma tradicional que genera mayores inversiones para una Nación. Pues tan solo la topografía es una de las variables más influyentes al momento de hacer vías sean placa huellas, pavimentos, rígidos o flexibles sumado a esto el transporte y retiro de material no funcional hacen que la tarea de construir en este tipo de terrenos sea más compleja.

Es por todo lo dicho que cabe resaltar que el municipio de Agua de Dios ubicado en el departamento de Cundinamarca, tiene el 80% de su territorio rural, lo que hace necesario el tratamiento de sus vías terciarias que contribuyen en la comunicación, el comercio, la educación, la salud, y el empleo de los habitantes del ayuntamiento. Empero el municipio por estar catalogado como de sexta categoría no cuenta dentro de sus recursos propios con un rubro capaz de soportar proyectos para solucionar dicha falencia por lo que se hace necesario acudir a el Gobierno nacional y el departamental en busca de dichas ayudas, pero para el 2012 “la inversión en vías regionales fue de 1,95 billones de pesos, la debilidad de la red vial terciaria es preocupante, pues es una de las razones de la pobreza en el campo y del bajo crecimiento de la economía agrícola” (EL TIEMPO, 2017) por lo que si se plantean proyectos con un enfoque sostenible para reducir el costo, con la misma cantidad de presupuesto adjudicado, se podría llegar a reparar mayor cantidad de vías en metros dado que “una mayor provisión de vías se asocia con una reducción de la pobreza rural, incluyendo la pobreza extrema” (EL TIEMPO, 2017), y así auxiliar el sector agropecuario del municipio.



## **1.2 Pregunta problema**

¿De qué manera las investigaciones sobre la aplicación de la nanotecnología influyen en la construcción de la vía terciaria que conduce a la vereda La Balsita, sector Diamante del municipio de Agua de Dios, Cundinamarca?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Comprender a partir de las investigaciones sobre la aplicación de la nanotecnología y su influencia en la construcción de la vía terciaria que conduce a la vereda La Balsita, sector Diamante del municipio de Agua de Dios, Cundinamarca para que pueda ser implementada en nuevos proyectos de la región del Alto Magdalena.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar la literatura en las diferentes bases de datos que coincidan con las características establecidas para esta investigación.
- Construir una matriz de información a partir de la literatura consultada.
- Realizar un análisis de las características encontradas según la matriz aplicada.
- Evidenciar un comparativo en cuanto a presupuesto y ejecución de la obra sobre un proyecto formulado de forma tradicional versus un Proyecto de Sistema de Transporte Coloidal S.T.C

#### 1.4 Justificación

Colombia en su desarrollo económico, le apunta a invertir en tecnología por lo que es pertinente reunir información para que cada ciudad y/o municipio conozca acerca de la nanotecnología y sus beneficios en la construcción llegando así a tener un alcance mayor en el desarrollo de las vías del país especialmente en las terciarias y como lo son en su mayoría en el municipio de Agua de Dios, Cundinamarca.

Por lo anterior cabe mencionar y resaltar la composición geoquímica de los suelos de los municipios de Agua de Dios, Anapoima, Cachipay, La Mesa, Mesitas del Colegio, Ricaurte, Viotá y Tocaima, los cuales según el Instituto Colombiano de Geología y Minería –INGEOMINAS 2004:

(...) Estos suelos se desarrollaron a partir de rocas clásticas limoarcillosas y químicas carbonatadas y se localizan en lomas de relieve ligera a fuertemente quebrado, con pendientes 7-12, 12-25 y 25-50%, afectados en sectores por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial; suelos profundos a muy superficiales, bien a moderadamente bien drenados, con texturas moderadamente finas a finas, reacción muy fuertemente ácida a medianamente alcalina y fertilidad moderada a alta. (p. 29)

Por ejemplo, Agua de Dios por tener una topografía con características especiales en sus vías terciarias es ideal para la aplicación de la nanotecnología en su material de agregados lo que puede elevar la capacidad portante de los suelos y de esta manera evitar sobrecostos en subBase y bases granulares.

Es por ello que con la implementación de la nanotecnología daría paso a una “nueva generación” en la construcción de vías terciarias del municipio, lo que produciría un fuerte impacto en la región del Alto Magdalena dado que no se han realizado proyectos de tal envergadura en las vías de la provincia y tampoco que sean amigables con el medio ambiente.

Y finalmente, se podrían intervenir mayor cantidad de metros de vías terciarias en cada gobierno ya que por su rápida construcción generarían mayor cantidad de proyectos viales de tercera categoría para municipios como Agua de Dios que poseen tanta deficiencia en este aspecto, por lo que al mejorar las vías terciarias del ayuntamiento los campesinos podrán comercializar sus productos más rápido lo que generará un cambio en la calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales del municipio, en este sentido los medios de transporte se incrementarían para poder llevar un número mayor de niños a las escuelas circundantes del lugar y asimismo se mitigaría los índices de analfabetismo en el sector, de allí la importancia de llegar al mayor número posible de vías ejecutadas en cada gobierno nacional departamental y municipal.

## 2 REVISIONES TEÓRICAS

*“El conocimiento no es una vasija que se llena, sino un fuego que se enciende”.*

*Plutarco*

### 2.1 Estado del Arte

La construcción de edificaciones o vías, siempre ha estado en la búsqueda de nuevos caminos para mejorar sus tiempos de ejecución y minimizar los costos sin afectar la calidad de su producto final procurando siempre otorgar lo mejor. Por tal motivo la propuesta nanotecnológica, no solo revoluciona estas características si no que en un sentido más amplio dicha ciencia hace que sea más eficiente el proceso constructivo y sobresalgan las características de los materiales; en tal sentido la nanotecnología apunta a la optimización de los productos que se utilizan en la construcción, pues estos cambios permiten hacer un nuevo comparativo no solo en la infraestructura o estructuras sino en las vías las cuales pueden ser tecnológicas o tradicionales.

Dicho lo anterior se puede mencionar el proyecto de la iglesia “Dives in misericordia” ubicada en Italia Roma, que cuenta con una estructura que por la complejidad y los cambios en la tradicionalidad de la construcción implicaba varios retos entre los principales estaba la utilización en porcentaje elevado de estructura metálica, es por ello que el “programa del Jubileo 2000 ‘50 Iglesias en Roma para el 3er Milenio’, Il Vicariato di Roma promovió en el año 1993 un concurso internacional de arquitectura para la construcción de nuevas iglesias en los barrios periféricos”, (Museum Cemento Rezola, 2005), en el cual participaron arquitectos de la talla de Frank Gehry, Santiago Calatrava, Peter Eisenman pero finalmente el proyecto quedó a cargo del arquitecto norteamericano Richard Meier, quien daría forma a una obra más impetuosa de los tiempos pues tendría varias curvaturas y la utilización de bloques prefabricados respecto a la parte constructiva,

pues la apuesta de esta edificación no solamente era la utilización de un porcentaje considerable de estructura metálica, sino también la utilización de un cemento con características de auto limpieza.

**Figura 1** *Fotografía Iglesia “Dives in misericordia”- Italia Roma*



Fuente: Revista Construir América Latina y El Caribe

Dado que la calidad estética del proyecto de la iglesia del jubileo recaía en la importancia de contar con un recubrimiento que cumpliera con las especificaciones de auto limpieza se estableció que el cemento blanco TX Millenium tenía todos los atributos para cumplir con el requerimiento. Respecto a esto Fernández, 2007 expresa que:

El Centro Técnico del Grupo Italcementi lleva desarrollando desde 1992 un nuevo principio activo aplicado al cemento portland y sus derivados, llamado TX Active, que produce un efecto foto catalítico, que hace que los cementos en los que se utiliza, sean capaces de oxidar y eliminar las sustancias orgánicas e inorgánicas contaminantes que se depositan sobre la superficie de las construcciones, mediante el uso de la luz y el oxígeno. (p.54)

Con lo expresado anteriormente, al realizar la revisión de dicho elemento es intrínsecamente necesario referirse a la nanotecnología en los materiales, puesto que sin ella no se hubiese podido hacer tal cemento blanco que permitiera que el recubrimiento de la iglesia del Jubileo en Roma, mantuviera su color blanco siempre perfecto e impecable y el cual fue uno de los factores determinantes en el diseño del arquitecto Richard Meier.

Ahora bien, encaminado la nanotecnología para su utilización en vías y partiendo del hecho de poder optimizar el proceso de construcción y de ejecución, en Urucú Brasil yace un importante porcentaje de petróleo por lo que sus vías para poder transportar dicho hidrocarburo y el personal están sometidas al tránsito de camiones pesados y un clima cambiante generado por la amazonia por lo que la construcción de la vía principal de Urucú, condicionó a la empresa encargada a utilizar procesos constructivos que no afectaran el ecosistema porque el terreno sobre el que se iba a realizar la vía debía poder reforestarse al finalizar la vía útil de la misma, por lo que la empresa *PowerCem Technologies* desarrolló un producto utilizando la nanotecnología denominado *RoadCem* “que cumple con todas estas condiciones previas vitales y además es un 30% más económico, la calidad del pavimento es superior y el tiempo de construcción se reduce significativamente” (PowerCem Technologies, 2014).

Conviene entonces mencionar que los productos nanotecnológicos al buscar la eficiencia para el desarrollo de un proyecto vial como es el caso de *RoadCem* permite “ahorrar en costos de transporte y reduce significativamente la huella de carbono de la carretera. La estructura de cristal única que crea logra una estabilización extremadamente sólida pero altamente flexible y estos atributos evitan deformaciones y grietas” (PowerCem Technologies, 2014), lo que hace que la durabilidad de la vía sea mayor, este proyecto fue ejecutado en el año 2014 por la empresa

*PowerCem Technologies*, utilizando *RoadCem* para la estabilización y construcción de la vía principal de Urucú en la amazonia del Brasil.

**Figura 2** *Vía estabilizada con RoadCem Urucú Brasil*



Fuente: PowerCem Technologies.

Asimismo, en la ciudad de Bogotá distrito capital de Colombia, el Instituto de Desarrollo Urbano- IDU en el año 2008 desarrolló el contrato IDU 160-2006 que implementó el <sup>1</sup>Sistema de Transporte Coloidal en adelante S.T.C con la utilización de un producto basado en nanotecnología llamado *STASOIL*, el cual tiene unas particularidades especiales para el desarrollo de las vías, este contrato se llevó a cabo en vías de un volumen de tráfico alto como por ejemplo la Avenida 1 de mayo sector El Eusebio, con un promedio de 35.000 vehículos/día. De haberse usado la forma tradicional de construcción o reparación de vías se tendría que haber realizado un retiro de material considerable y la aplicación de uno nuevo lo que provoca el uso excesivo de materiales de cantera; con la utilización del producto *STASOIL* “El agente estabilizador utilizado en el proceso, se puede trabajar con materiales húmedos, lo que significa poder realizar actividades en forma normal en

---

<sup>1</sup> Consiste en partículas globulares con tamaños entre 50 y 900 nanómetros (diámetro teórico de partículas) en las que el ingrediente activo (elemento activo del cemento) viaja en la fase interna, aprovechando las condiciones iniciales de los terrenos utilizando los suelos existentes, procurando elevar la capacidad portante del suelo, con la respectiva densificación de la estructura, hasta obtener una estructura de pavimento con la misma capacidad estructural de la de un pavimento tradicional. (Niño & Torres, 2014)

época de lluvias, y utilizar los materiales existentes en la misma vía” (KEMTEK S.A.S, 2014), por lo que *se logra* por medio del S.T.C reducir la utilización de cemento, agregados y pétreos puesto que utiliza los mismos del sitio, y su puesta en marcha es instantánea.

De la misma manera se desarrollaron junto con el Instituto de Desarrollo Urbano- IDU otros proyectos como: la Carrera 114 entre Calle 74 y la avenida 80 vía de acceso a la escombrera del distrito, Avenida 1 de mayo segmento 7 y 21, Barrio Bilbao Carrera 141 entre calle 144 y 143, cuando se realizó la revisión visual de las vías se creía imposible hacer uso del material del sitio, pero por medio de esta estabilización a base del sistema S.T.C es posible.

**Figura 3** *Fotografías carrera 114 entre calle 74 y la avenida 80 vía de acceso a la escombrera del distrito.*



Fuente: KEMTEK S.A.S

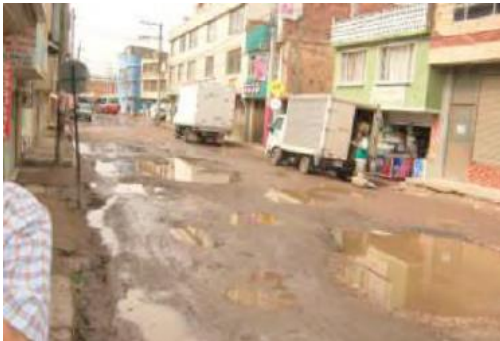
**Figura 4** *Fotografías Avenida 1 de mayo segmento 7 y 21*



Fuente: KEMTEK S.A.S



**Figura 5** Fotografías carrera 141 entre calle 144 y 143 Barrio Bilbao



Fuente: KEMTEK S.A.S

Cabe señalar que el éxito de este producto para la estabilización del suelo es que, “usando STASOIL no hay limitaciones por tipo de suelo, no es necesario descartar suelos nativos ni remplazarlos por materiales seleccionados e importados al sitio”, (Batipste , 2014, p.15) así mismo el producto se desarrolla no en masa como otros productos, sino está creado bajo la modalidad *tailor-made* “echo a la medida” esto con la finalidad de desarrollar un colide único para cada aplicación, siendo esto de gran importancia ya que todos los suelos no tienen las mismas características.

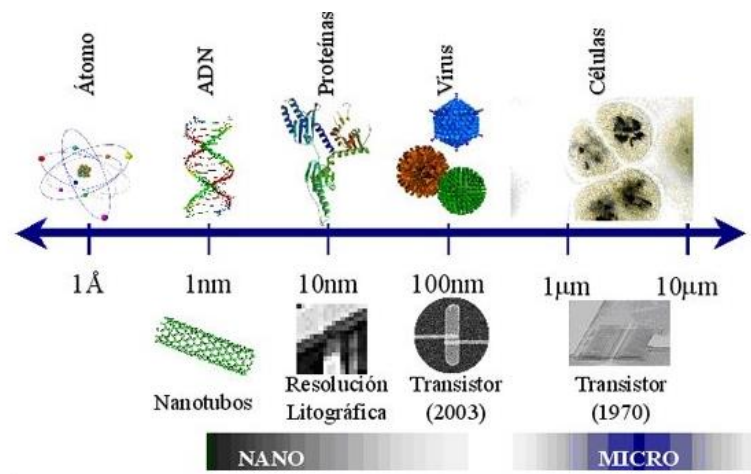
## 2.2 Marco Teórico

"Hay mucho sitio al fondo", dijo Richard Feynman el 29 de diciembre del año 1959 en el Auditorio de Caltech de la Universidad Tecnológica de California, Feynman, premio Nobel de Física en 1965 por sus valiosos aportes en la electrodinámica cuántica, hablaba ese día del mundo a escala molecular y atómica. Para el desarrollo de esta investigación es importante enfatizar en las siguientes categorías de análisis para proporcionar profundidad en el desarrollo del tema.

### 2.2.1 Nanociencia y Nanotecnología

Al mencionar la Nanociencia como clave del desarrollo de las investigaciones de esta escala, es importante citar la diferencia entre la Nanociencia y la nanotecnología siendo la Nanociencia la rama de la ciencia que se encarga de la manipulación y estudio de los átomos y las moléculas, “estudia los fenómenos, las propiedades y la manipulación de la materia a una escala nano métrica, generalmente comprendida entre 0,1-100 nm ( $1 \text{ nm}=10^{-9}$ )” (Cornejo, 2015), al abarcar otras áreas como la física la química la convierte en una ciencia interdisciplinar en la que su finalidad es estudiar los materiales.

**Figura 6** Escala de dimensiones



Fuente: Nuevas tecnologías y materiales

Mientras que la nanotecnología es la aplicación de partículas de medida nanométrica que permite mejorar la cualidad de un material “el objetivo de la nanotecnología es conseguir el ensamblado controlado de nano partículas que produzcan, a macro escala, objetos y productos nano estructurados de propiedades diferentes y superiores.” (Cornejo, 2015). Entiendo entonces la

nanotecnología como el ensamblaje de las nano partículas que proporcionan unas nuevas cualidades al material intervenido, estructurando su tamaño y propiedades.

### **2.2.2 Nanotubos de carbono**

Los nanotubos de carbono son uno de los pilares en el inicio de la nanotecnología puesto que a partir de ellos se pudieron realizar nuevas formas de la interpretación de la misma aplicada a los materiales, “estos nano materiales presentan buenas propiedades físicas tales son su densidad, resistencia y conductividad térmica, que resultan interesantes en la creación de nuevos nanomateriales” (Cornejo, 2015)

Dentro de la literatura se ha podido encontrar que los nanotubos tienen cualidades microbianas las cuales permiten crear a partir de la interacción con la luz una dispersión de las moléculas que afectan las superficies tanto orgánicas como inorgánicas por lo que “se han desarrollado filtros que tienen como propósito la inactivación de microorganismos. La estructura de estos filtros está compuesta por nanotubos. De acuerdo a los resultados, se demuestra la inactivación de ciertas bacterias como E.coli y Staphylococcus” (Cornejo, 2015), siendo este un avance en las posibilidades de la disminución de la contaminación en superficies aún más en las que están en la interacción con el agua para el consumo humano.

Es entonces que a partir de los nanotubos se desprende el estudio del comportamiento del grafeno ya que está catalogado como el material del futuro puesto que su conformación hexagonal permite una resistencia mayor y un menor peso por lo que el grafeno puede mejorar las capacidades de resistencia de las estructuras del futuro ya que posee una enorme dureza incluso mayor a la del acero hasta 200 veces, “el grafeno, sin duda nos propone una revolución de nanotecnología aplicada a la eficiencia energética de la nueva arquitectura moderna”. (Morote, 2014) De esta

manera la nanotecnología ofrece una amplia variedad de investigación aplicada a varios campos, en el caso de la construcción es importante ya que por la superpoblación se deben efectuar proyectos de mayor envergadura los cuales requerirán menos tiempo y una mayor durabilidad.

### **2.2.3 Sistema de Transporte Coloidal (S.T.C)**

El sistema de transporte coloidal es la agrupación nanotecnológica de los elementos que específicamente necesitan llegar a una escala nanométrica para la interacción con espacios en los cuales las moléculas no tratadas con la nanotecnología no podrían satisfacer las necesidades propias del área intervenida. Esta “consiste en partículas globulares con tamaños entre 50 y 900 nanómetros (diámetro teórico de partículas) en las que el ingrediente activo (elemento activo del cemento) viajan en la fase interna” (Niño & Torres, 2014, p. 10), partículas que en el caso de las vías mejora la capacidad portante del suelo ya que tiene más interacción que el sistema tradicional de estabilización del suelo cemento.

### **2.2.4 Dióxido de titanio**

La limpieza es una característica de las estructuras de construcción tanto verticales y horizontales que en la medida del tiempo puede afectar cualquier estructura por lo anterior la interacción de la nanotecnología genera una posibilidad para minimizar el impacto negativo de agentes orgánicos o químicos en las estructuras, el dióxido de titanio “tienen una relación directa con sus propiedades físico-químicas y en específico con su actividad antibacteriana, de acá la importancia del estudio de los métodos de síntesis y los procesos de modificación de este material” (Betancur, Hernández, & Buitrago, 2016, p.53), por lo que también se puede decir que la

interacción de la luz con el dióxido de titanio excita moléculas que permiten la dispersión de las moléculas de los agentes externos de la superficie.

### **2.2.5 Características mejoradas a partir de la Nanotecnología**

Estas son algunas de las características en las vías que mejoran con estándares muy altos dada la utilización de nanotecnología:

**La Capilaridad** es el distanciamiento microscópico entre las partículas del suelo que cuando son mayores pueden afectar la estructura del mismo en donde la “Ascensión del agua por encima del nivel freático del terreno a través de los espacios intersticiales del suelo, en un movimiento contrario al de la gravedad” (González, 2012). Las fuerzas de cohesión entre moléculas, para lo cual la nanotecnología genera por su tamaño una disminución entre estos espacios creando un suelo más estable ante los niveles freáticos.

**La expansividad y permeabilidad** que a nivel de suelos se debe procurar mantener fuera de ellos cualquier tipo de construcción, debido a efectos como la licuefacción la cual procede en suelos de expansividad y permeabilidad alta, pero la nanotecnología genera el hierro cero Valente el cual modifica las características físico-químicas del suelo, por lo que en 13° Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales se dijo que, “Las nano partículas de hierro reaccionan con los coloides del suelo, generando una matriz cuya dureza y resistencia final dependerá de las características hidrogeológicas del suelo nativo y de la circulación de vehículos” (López & Tobías , 2013). En este caso poder construir en casi cualquier lugar ya que la impermeabilización de las partículas de suelo expansivo y permeable al ser modificadas de esta manera no tendrá el riesgo del efecto de la licuefacción.

### 2.3 Marco conceptual

Teniendo en cuenta esta investigación es necesario aclarar varios conceptos fundamentales que constituyen teóricamente la presente revisión documental y que, a su vez, permite un estudio más profundo de la misma.

Para comenzar es necesario conocer el concepto de vía terciaria en Colombia que son “aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.” (Instituto Nacional de Vías-INVIAS, 2016), las cuales al ser pavimentadas en cualquier sistema deben cumplir con todas las especificaciones de una vía secundaria. Conviene mencionar las anteriores debido a que la propuesta está dada en una vía de este tipo. Por ello es necesario también mencionar los suelos los cuales se agrupan en tres grupos: arenas, arcilla y limosos “los suelos arenosos, como son más sueltos son fáciles de trabajar, pero tienen pocas reservas de nutrientes” (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, 1999) Otro grupo de suelos es el de “los suelos limosos que tienen gránulos de tamaño intermedio son fértiles y fáciles de trabajar. Forman terrones fáciles de desagregar cuando están secos” (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, 1999) y en el otro se mencionan las arcillas que están denominadas como “los suelos arcillosos son pesados, no drenan ni se desecan fácilmente y contienen buenas reservas de nutrientes. Son fértiles, pero difíciles de trabajar cuando están muy secos” (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, 1999), la mención de los suelos está dada puesto que en la ingeniería civil existe un estándar de los suelos para poder construir, con el uso de la nanotecnología se presentan varios cambios en la forma de construir por lo tanto ya no se concibe el retiro de material ya que esta nanociencia concibe utilizar las mismas características del suelo para mejorarlas y utilizarlo. Dicho esto el concepto de estabilización del suelo es “la elección correcta para crear la capacidad portante

y la calidad de los suelos, así como para prepararlos para proyectos de construcción de carreteras” (Wirtgen Group, 2019) .

Conviene entonces nombrar la capacidad portante que tiene un suelo para deformarse que es la resistencia a la deformación bajo las cargas del tráfico “depende de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo que la constituye. Es función del tipo de suelo utilizado o existente en la explanada, así como de su densidad y de su humedad”. (Fundación laboral de la construcción, 2006). Esta capacidad portante se mide mediante un ensayo normado por el INVIAS 148-13 relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR) En la estabilización del suelo está el éxito de los productos que trabajan mediante la nanotecnología, permitiendo mejorar la capacidad de soporte y así disminuir los costos de ejecución en la preparación del suelo siendo el suelo para vías una estructura a base de material de cantera como lo son la subbase granular, la base granular, afirmado para los efectos de estas especificaciones, se denomina “subbase granular a la capa granular localizada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos asfálticos o la que sirve de soporte a los pavimentos de concreto hidráulico” (CEMEX Colombia, 2020), para la composición de una calzada, el transporte de este tipo de material granular, aumenta el tiempo de construcción asimismo la base granular que está dada como la capa localizada entre la sub-base y la carpeta asfáltica.

Ahora bien, es importante nombrar el cemento portland como material necesario para la estabilización del suelo dicho material “puede ser definido como un polvo fino aglutinante con propiedades aglomerantes o ligantes que endurece al contacto con el agua”. (Tobón, Restrepo, & Payá, 2006, p.229), en la utilización de la nanotecnología se mejora el uso del cemento por que la cantidad es menor.

## 2.4 Marco legal

A continuación, se establecerán las normas con las cuales los proyectos mencionados tuvieron que considerar y los póstumos tendrán que aplicar para el uso de productos nanotecnológicos, en la construcción de vías.

A nivel internacional se encuentra que Francia es actualmente el único país que tiene reglamentado el uso de la nanotecnología mediante el Decreto N° 2012-232, del 17 de febrero de 2012, relativo a la declaración anual de sustancias en estado de nanopartículas, de acuerdo con el artículo L. 523-4 del Código de Medio Ambiente francés.

**Público interesado:** empresas que producen, distribuyen e importan sustancias en su propio estado. Nanopartículas; laboratorios de investigación públicos y privados.

**Asunto:** métodos de declaración a la administración de la producción, distribución o importación de sustancias en el estado de nanopartículas.

**Nota:** Los artículos L. 523-1 a L. 523-3 del Código del Medio Ambiente exigen la declaración de las cantidades y usos de las sustancias en estado de nanopartículas producidas, distribuidas o importadas en Francia. El propósito del sistema es mejorar el conocimiento de estas sustancias y sus usos, para tener una trazabilidad de la de uso, un mejor conocimiento del mercado y de los volúmenes comercializados, y finalmente a reunir la información disponible sobre sus propiedades toxicológicas y ecotoxicológicas.



**Texto Original:**

*<sup>2</sup>Décret no 2012-232 du 17 février 2012 relatif à la déclaration annuelle des substances à l'état nanoparticulaire pris en application de l'article L. 523-4 du code de l'environnement*

**Publics concernés :** *entreprises produisant, distribuant et important des substances à l'état nanoparticulaire ; laboratoires publics et privés de recherche.*

**Objet :** *modalités de déclaration à l'administration de la production, distribution ou importation de substances à l'état nanoparticulaire.*

**Notice :** *les articles L. 523-1 à L. 523-3 du code de l'environnement prévoient l'obligation de déclarer les quantités et les usages de substances à l'état nanoparticulaire produites, distribuées ou importées en France.*

*Le dispositif a pour objet de mieux connaître ces substances et leurs usages, de disposer d'une traçabilité des filières d'utilisation, d'une meilleure connaissance du marché et des volumes commercialisés et enfin de collecter les informations disponibles sur leurs propriétés toxicologiques et écotoxicologiques.*

Asimismo, la Unión Europea, en el 2004, elaboró un documento denominado “Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías”, “Registro de patentes, Regulación en salud pública, Protección al medio ambiente y al consumidor, Metrología y normalización, Desarrollo

---

<sup>2</sup> MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT <https://www.r-nano.fr/>

responsable de la Nanotecnología (principios éticos) y Cooperación internacional pero aun no se ha convertido en ley.

Por otra parte también es conveniente mencionar que los Estados Unidos cuentan con la <sup>3</sup>ley de investigación en nanotecnología del siglo XXI y Ley de Desarrollo contemplada en la Ley Pública 108-153 — aprobada en el 2003 y está básicamente relacionada con incentivar el desarrollo e invertir en programas federales para el desarrollo de la nanotecnología, nanoingeniería, nanociencia y otros fines, pero no como tal para regular el uso de la misma y los riesgos que genere el uso de dicha ciencia.

En Colombia aún no se cuenta con una ley para regular el uso de la nanotecnología por lo que se hace necesario mencionar las normas que están propuestas por el Instituto Nacional de Vías- INVIAS, bajo su actualización 2013, para la estabilización del suelo en cuanto a normas internacionales se encuentra la American Society of Testing Materials (ASTM), en español Asociación Americana de Ensayo de Materiales. Además, la Guía para el diseño y la construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizadas mediante procesos químicos proporcionada por el Instituto de Desarrollo Urbano-IDU.

---

<sup>3</sup> Public Law 108 - 153 - 21st Century Nanotechnology- United States Congress- <https://www.congress.gov/bill/108th-congress/senate-bill/189>

**Tabla 1** Procesos de estabilización química de la Guía para el diseño y la construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizadas mediante procesos químicos proporcionada por el Instituto de Desarrollo Urbano -IDU. Capítulo 2.2 tipos de proceso de estabilización.

| Proceso  | Código |
|--|--------|
| Sistemas de Transporte Coloidal                | STC    |
| Estabilización Suelo - Polvo de Roca           | SPR    |
| Estabilización por medio del uso de Enzimas    | ENZ    |
| Estabilización Electroquímica de Suelos        | EQS    |
| Estabilizaciones a través de Bases Orgánicas   | BO     |
| Estabilizaciones con Adiciones a suelo Cemento | ASC    |

Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano-IDU

Para la estabilización de suelos mediante la nanotecnología se debe referenciar que tipo de estabilización se utilizará, para lo cual la granulometría se encuentra descrita en la norma INVIAS 123-13, de ahí en adelante se deben tomar consideraciones de la tabla 3 de la Guía para el diseño y la construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizadas mediante procesos químicos.

**Tabla 2** Cualidades de los suelos a estabilizar según el proceso, de la Guía para el diseño y la construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizadas mediante procesos químicos proporcionada por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) Capítulo 3.1.1 Cualidades de los suelos

| Producto/<br>Cualidad               | Adiciones<br>a Suelo -<br>Cemento             | Electro-<br>químico                                     | Sistema de<br>Transporte<br>Coloidal  | Enzimas   | Suelo –<br>Polvo de<br>Roca           | Base<br>Orgánica     |
|-------------------------------------|---|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|----------------------|
| Material                            | 1.Gravas<br>2.Arenas<br>3.Limos<br>4.Arcillas | Materiales<br>arcillosos y/o<br>con matriz<br>arcillosa | Gravas<br>Arenas<br>Limos<br>Arcillas | 1. Arcillas y<br>Limos<br>2. Gravas y<br>Arenas<br>Arcillosas | Gravas<br>Arenas<br>Limos<br>Arcillas | Gravas<br>Arcillosas |
| Contenido<br>de Materia<br>Orgánica | < 2%*   | < 2%,   | S/R                                   | S/R   | < 10%,                                | S/R                  |
| % pasa<br>tamiz<br>N°200            | < 50%   | >15%  | S/R                                   | (18% -<br>30%)  | S/R                                   | > 40%.               |
| Índice de<br>Plasticidad            | < 15*   | > 5   | S/R                                   | 1. (6% < IP <<br>20%)<br>2. (15% < IP <<br>40%)               | < 50%                                 | S/R                  |

\*En algunos procesos de estabilización esta restricción no aplica, sin embargo el Proveedor y el Consultor deberán garantizarlo por medio del soporte técnico adecuado.

S/R: El producto no presenta restricciones en este ítem.

Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano-IDU

Es de resaltar que hasta hace muy poco en Colombia se vienen conformando instituciones que ayuden y contribuyan en la regulación y el respaldo de la nanotecnología. Hete aquí un esquema de algunas de ellas, la organización de la imagen no refleja un grado de jerarquía.

**Figura 7** Esquema de Organización en Colombia de autoridades en nanotecnología



Fuente: RedNano Colombia

Cabe resaltar que este marco no se hace más extenso dado que al ser un tema tan novicio es poca la reglamentación que rige en torno al tema de investigación.

## 2.5 Marco Institucional

Teniendo en cuenta que este es un proceso de investigación institucional, es necesario realizar un acercamiento teórico que relacione la presente con los valores UNIMINUTO, en la que se destaque el Espíritu de Servicio, ya que al conceptualizar la revisión bibliográfica el diseño de las vías rurales del Municipio de Agua de Dios, incentiva un compromiso por mejorar la calidad de vida de la comunidad, en especial a los campesinos que en varios casos es olvidada, es así como lo escrito en la biblia por el apóstol Juan acerca de Jesús sobre su ministerio, “así como el Hijo del hombre no vino para que le sirvan, sino para servir y para dar su vida en rescate por muchos.”

Mateo 20:28, esto permite fortalecer la vocación del espíritu de servicio para con los demás, este mismo espíritu fortalece las habilidades blandas de las personas las cuales pueden ser transformadoras en los diferentes entornos. A partir, del espíritu de servicio como principio de la corporación universitaria Minuto de Dios se puede desarrollar investigaciones las cuales puedan utilizar el modelo praxeológico que propone cuatro etapas: Ver, Juzgar, Actuar y la Devolución creativa.

### 3 METODOLOGÍA

*"Nada tiene tanto poder para ampliar la mente como la capacidad de investigar de forma sistemática y real todo lo que es susceptible de observación en la vida".*

**Marco Aurelio**

*"El único modo de salir de una caja cerrada es inventar la manera de salir".*

**Jeff Bezos**

Esta investigación es de tipo exploratoria pues en esta se hace el estudio de un tema o problema que no está claramente definido pero que se quiere comprender mejor sin otorgar o proporcionar unos resultados netamente concluyentes frente al objeto de estudio, además está enfocada en el conocimiento que se tiene de un tema en particular. Es por ello que se implantó el enfoque mixto que en palabras de Hernández- Sampieri, Fernández, & Baptista, (2014) es:

Un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información (p.534).

Asimismo el enfoque mixto proporciona un poco más de confianza en el investigador puesto que le permite “caracterizar a los objetos de estudio mediante números y lenguaje e intentar

recabar un rango amplio de evidencia para robustecer y expandir el entendimiento de ellos.” (Hernández- Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014, p. 537), dado que permite potenciar a su vez la creatividad de quien investiga, desarrollar nuevas destrezas, producir datos más ricos al hacer el uso de instrumentos de recolección que involucran a los dos enfoques haciendo la investigación más nutrida.

Los métodos mixtos a su vez aportan a la explicación de los hechos mediante el enfoque cuantitativo y la comprensión de los mismos a través del enfoque cualitativo reduciendo de esta manera los sesgos en la investigación y fortaleciendo la misma.

En este mismo sentido el método de investigación que se utilizó fue el documental que se encarga de recopilar y seleccionar la información y según explica Méndez & Astudillo, (2008) es:

(...) un proceso mediante el cual recopilamos conceptos con el propósito de obtener un conocimiento sistematizado. El objetivo es procesar los escritos principales de un tema particular. Este tipo de investigación adquiere diferentes nombres: de gabinete, de biblioteca, documental, bibliográfica, de la literatura, secundaria, resumen, etc. (...) (p. 16).

Cuando se usa este tipo de métodos de investigación es importante hacer un sondeo y una revisión exhaustiva del material que se va a utilizar puesto que el desafío recae no en buscar cantidad de información sino calidad de la misma, además de poder comprobar su validez pues se dice que “la información es el alimento del conocimiento, ya que necesitamos información y comunicación para nutrirlo y sostenerlo” (Méndez & Astudillo, 2008) .

Conviene entonces resaltar que la investigación documental “Con fines didácticos y considerando exclusivamente el criterio del tipo de dato y el de la fuente que se procesa en la investigación, esta puede dividirse en primaria o secundaria (...)”, (Méndez & Astudillo, 2008, p. 18), a continuación se discriminan según Barrantes, (2013) de la siguiente manera:

- **Fuente primaria o directa:** Proporciona información de primera mano: informantes, sujetos de estudio, fotografías, anuarios estadísticos, memorandos, actas, correspondencia privada, códigos de leyes.
- **Fuente secundaria:** Compilaciones y listados de referencias publicadas en un área del conocimiento; traducciones, recopilaciones, reproducciones de textos dentro de otros textos.
- **Fuentes terciarias:** Publicaciones periódicas, boletines, libros (p. 109).

### 3.1 Muestra

Para realizar la muestra se determinó que los documentos que se tendrían en la cuenta serían: libros, simposios, trabajos de investigación, informes técnicos, guías técnicas, artículos científicos, trabajos de grado, investigaciones científicas tanto a nivel internacional como nacional, los documentos que se utilizaron fueron todos escritos en español.

Este rastreo estuvo compuesto por 23 documentos publicados entre los años 2004 al 2017. La búsqueda se realizó en las bases de datos de Scielo, Dialnet, Google Académico, Redalyc, CORE UK, revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad Javeriana, las palabras claves que se utilizaron para los parámetros de búsqueda fueron: Nanotecnología, Nanociencia, construcción, vías, nanopartículas, estabilización del suelo entre otras.

También se consultaron los repositorios institucionales de las siguientes universidades: Universidad Católica de Colombia, Universidad de los Andes, Universidad Militar Nueva Granada, Universidad Piloto de Colombia y la Universidad Ricardo Palma de Perú, se utilizaron

también las memorias del Simposio Internacional sobre materiales Lignocelulosicos del 13° Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales 2013.

De la misma manera es importante nombrar que con los criterios de búsqueda anteriormente mencionados se encontró información en países como: Argentina, Colombia, Costa Rica, España, México y Perú.

Cabe aclarar que la búsqueda de la información fue compleja dado que el tema de investigación es aun nuevo y no se presentan muchas investigaciones al respecto.

### **3.2 Técnicas e instrumentos de investigación**

Al tratarse de una investigación mixta en las que se hace necesario la presencia de los enfoques cuantitativos y cualitativos y a su vez se presentan variedad de técnicas que permiten la recolección de datos se optó por el análisis de contenido de documentos que “es la descripción objetiva, sistemática y cuantitativa del contenido manifiesto de la comunicación. En síntesis, se trata de transformar un documento escrito en datos cuantitativos” (Barrantes, 2013, p. 20), los que a su vez contribuyeran en el desarrollo del objetivo principal de esta investigación.

Para realizar este análisis de contenido el instrumento que se creó fue una matriz documental en formato de Excel, que permitía la organización de la información y a su vez obtener una revisión teórica y detallada de los artículos en cuestión.

La matriz documental está compuesta por diferentes dimensiones dentro de ella encontramos 11 items en los cuales se ven representados: el tipo de artículo, tipo de publicación, año de publicación, país, base de datos origen de información, institución de la que procede el



documento, autores, título del artículo, el tema de investigación, tipo de fuente y finalmente su ubicación sea física o en la web.

Ahora, para desarrollar la presente investigación se establecieron tres fases a partir de los objetivos específicos propuestos, con la finalidad de establecer las actividades a desarrollar para cumplir con los objetivos establecidos y lograr efectuar el objetivo general de esta investigación.

En primer lugar se llevó a cabo la fase I, en esta se identificaron las literaturas de las diferentes bases de datos que lograban coincidir con las características del objeto de estudio que era la nanotecnología y su influencia en las vías terciarias, se establecieron los criterios de búsqueda y los años de consulta de la información. Cabe mencionar que se encuentran pocas investigaciones al respecto. Se abordaron las diferentes bases de datos y repositorios de universidades de las que se tenía un previo conocimiento que estaban trabajando con el tema de estudio.

En segunda instancia se ejecutó la fase II, en la que se realizó la construcción de la matriz documental estableciendo las categorías que se tendrían en cuenta del documento y las cuales permitían una revisión profunda respecto de los documentos que se estaban estudiando.

Luego se realizó la fase III, en esta se llevó a cabo el análisis de la información encontrada aquí se plasmó la información de cualitativa a cuantitativa mediante tablas y gráficas para que a simple vista se tuviera una mejor comprensión del tema estudiado y el estatus de este en cuanto a las investigaciones.

Por último se llevó a cabo la fase IV en el que se realizó un comparativo en cuanto a costos de un proyecto tradicional versus un proyecto a base de nanotecnología en el que se puede evidenciar el índice de ahorro al usar dicho proceso.

#### 4 NANOTECNOLOGÍA: UNA REALIDAD NO MUY LEJANA PARA LA REGIÓN.

Para comenzar, en el desarrollo de las investigaciones a partir de documentos que por circunstancias adversas no se pudiesen determinarse en los laboratorios, la investigación siempre tiene el deber ser de inquietar el espíritu crítico del individuo ,y no por falta de un elemento la investigación no tener la misma valides , por medio de este tipo de investigaciones de tipo documental se puede enriquecer un tema y poder llevar a cabo unos resultados a razón de antecedentes que tengan similitudes en la propuesta.

La nanotecnología es el campo de los materiales que desafía la ingeniería civil tradicional en contraste de los avances de la misma. Puesto que al minimizar una partícula se pudo mejorar las cualidades y comportamientos de un suelo así mismo se puede situar como productos de menor costo y mayor impacto.

Al utilizar una metodología correcta de investigación con un instrumento contundente se puede realizar análisis comparativos que evidencien la propuesta formulada.

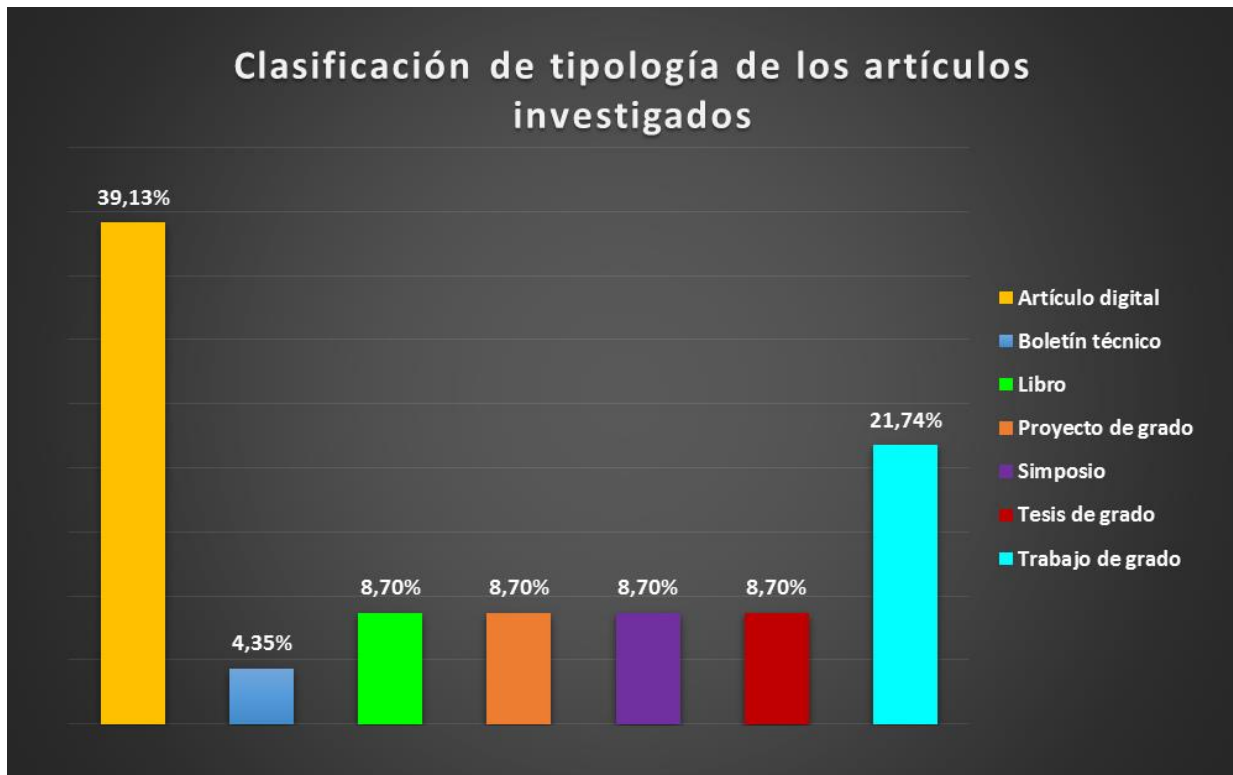
##### 4.1 Resultados análisis cuantitativos del rastreo de información

A continuación se presentan los resultados que dan cumplimiento al objetivo específico 3.

**Tabla 3** *Tipo de artículo*

| Ítem                 | Tipología         | Porcentaje     |
|----------------------|-------------------|----------------|
| 1                    | Artículo digital  | 39,13%         |
| 2                    | Boletín técnico   | 4,35%          |
| 3                    | Libro             | 8,70%          |
| 4                    | Proyecto de grado | 8,70%          |
| 5                    | Simposio          | 8,70%          |
| 6                    | Tesis de grado    | 8,70%          |
| 7                    | Trabajo de grado  | 21,74%         |
| <b>Total general</b> |                   | <b>100,00%</b> |

Fuente: Propia

**Figura 8** Gráfica clasificación de tipologías de los artículos investigados

Fuente: Propia

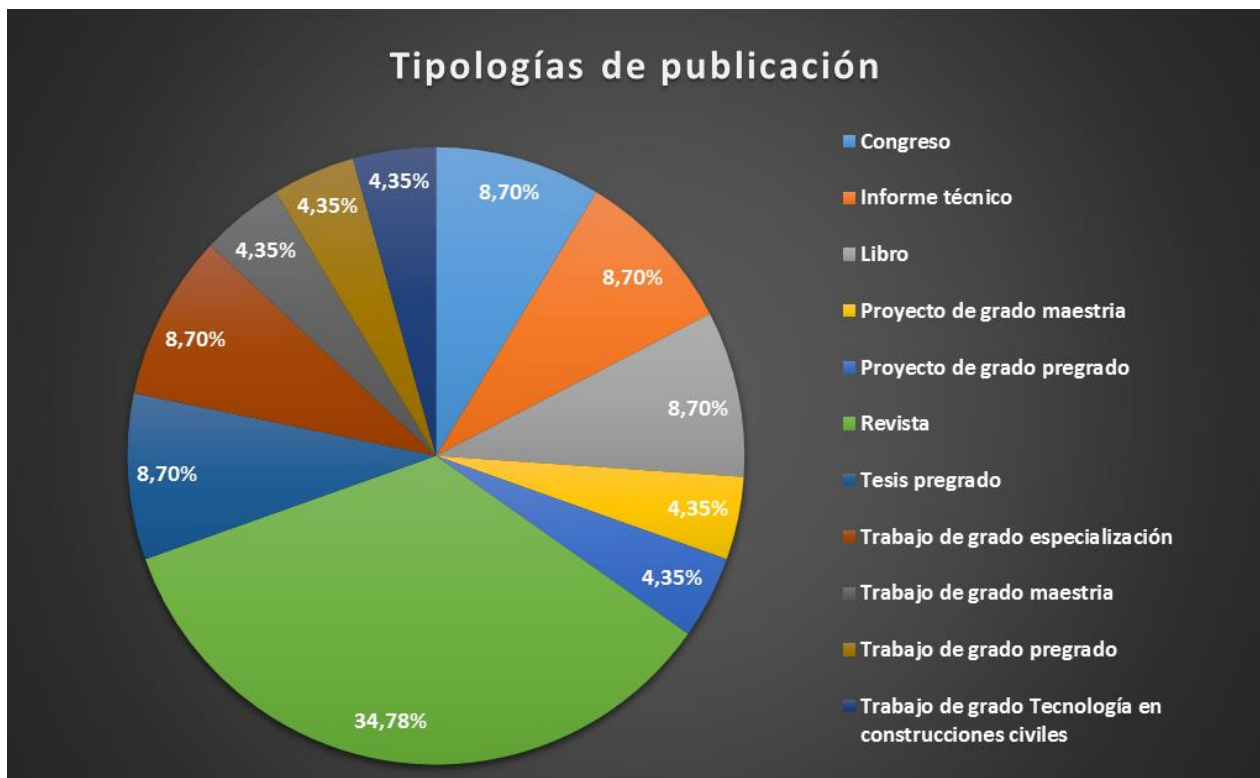
Por lo que se puede evidenciar dentro de 7 tipos de artículos, el 39,13 % los artículos digitales están a la delantera esto haciendo alarde a la era del conocimiento y los adelantos en el campo de la investigación. Del cual solo el 8.7% de estos artículos son tesis de grado mostrando el desconocimiento y la guía para el desarrollo de proyectos con la nanotecnología en la construcción por parte la academia en general.

**Tabla 4** Tipo de publicación

| Ítem                 | Tipo de publicación                                   | Cantidad       |
|----------------------|---|----------------|
| 1                    | Congreso  | 8,70%          |
| 2                    | Informe técnico                                       | 8,70%          |
| 3                    | Libro   | 8,70%          |
| 4                    | Proyecto de grado maestría                            | 4,35%          |
| 5                    | Proyecto de grado pregrado                            | 4,35%          |
| 6                    | Revista   | 34,78%         |
| 7                    | Tesis pregrado  | 8,70%          |
| 8                    | Trabajo de grado especialización                      | 8,70%          |
| 9                    | Trabajo de grado maestría                             | 4,35%          |
| 10                   | Trabajo de grado pregrado                             | 4,35%          |
| 11                   | Trabajo de grado Tecnología en construcciones civiles | 4,35%          |
| <b>Total general</b> |   | <b>100,00%</b> |

Fuente: Propia

**Figura 9** Gráfica tipologías de publicación



Fuente: Propia

En esta parte se define mediante 11 tipos de publicaciones la cual salta a la vista que las publicaciones en revistas con el 34,78%, las cuales le apuntan a entablar discusiones e investigaciones sobre nanotecnología, recalcando nuevamente que los trabajos de grado, tesis de grado, trabajo de grado maestría con tan solo 4,35 %, dicho esto es poder mediante esta investigación aportar tanto la información como una metodología óptima para la revisión de literatura.

**Tabla 5** Año de publicación

| Ítem                 | Año  | Porcentaje     |
|----------------------|------|----------------|
| 1                    | 2004 | 4,35%          |
| 2                    | 2006 | 4,35%          |
| 3                    | 2007 | 13,04%         |
| 4                    | 2011 | 4,35%          |
| 5                    | 2012 | 8,70%          |
| 6                    | 2013 | 13,04%         |
| 7                    | 2014 | 21,74%         |
| 8                    | 2015 | 8,70%          |
| 9                    | 2016 | 4,35%          |
| 10                   | 2017 | 13,04%         |
| 11                   | 2018 | 4,35%          |
| <b>Total general</b> |      | <b>100,00%</b> |

Fuente: Propia

**Figura 10** Gráfica Año de publicación

Fuente: Propia

La cronología en el desarrollo de la revisión era una fuente de interpretar en que intervalo de tiempo tuvo una mayor relevancia el tema de la nanotecnología la cual se dio en el año 2014 con el 21,74 % de una muestra de 11 años medidos y con un 4,35% con intervalos intermedios a partir de año 2004 revelando que la investigación en cuanto al tema no ha tenido tendencias a la baja si no por lo contrario aumenta.

**Tabla 6 Países de publicación**

| Ítem                 | Países        | Porcentaje     |
|----------------------|---------------|----------------|
| 1                    | Argentina     | 8,70%          |
| 2                    | Colombia      | 43,48%         |
| 3                    | Costa Rica    | 4,35%          |
| 4                    | España        | 17,39%         |
| 5                    | México        | 13,04%         |
| 6                    | Perú          | 8,70%          |
| 7                    | Unión Europea | 4,35%          |
| <b>Total general</b> |               | <b>100,00%</b> |

Fuente: Propia

**Figura 11 Gráfica países con investigaciones del tema de estudio**



Fuente: Propia

Al realizar la investigación sectorizada era necesario que la mayor parte de la literatura fuera extractada de Colombia el cual del total es el 43,48% además de extractar en un alto porcentaje de literatura en español siendo así una manera de poder recopilar en menor tiempo la cantidad de fuentes aplicables posibles.

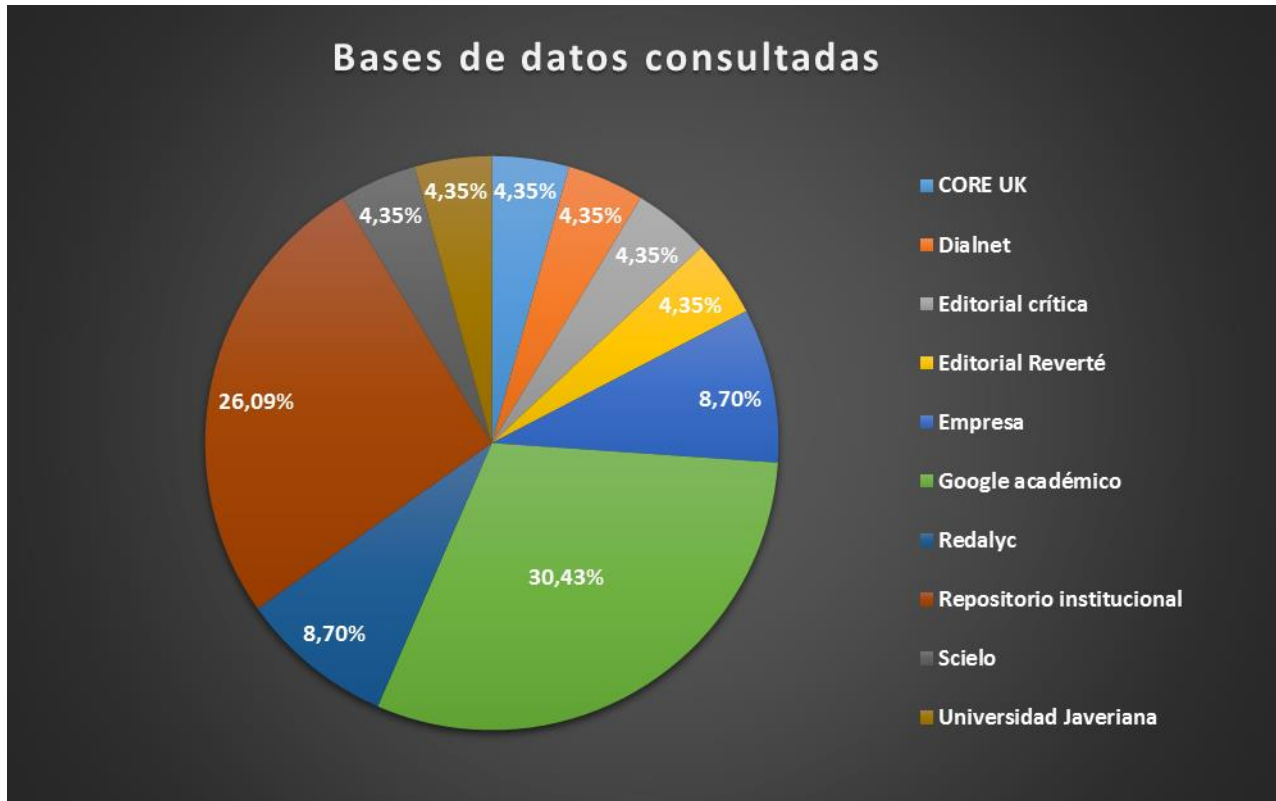
**Tabla 7** Bases de datos de Consultas

| Ítem                 | Bases de datos            | Porcentaje     |
|----------------------|---------------------------|----------------|
| 1                    | CORE UK                   | 4,35%          |
| 2                    | Dialnet                   | 4,35%          |
| 3                    | Editorial crítica         | 4,35%          |
| 4                    | Editorial Reverté         | 4,35%          |
| 5                    | Empresa                   | 8,70%          |
| 6                    | Google académico          | 30,43%         |
| 7                    | Redalyc                   | 8,70%          |
| 8                    | Repositorio institucional | 26,09%         |
| 9                    | Scielo                    | 4,35%          |
| 10                   | Universidad Javeriana     | 4,35%          |
| <b>Total general</b> |                           | <b>100,00%</b> |

Fuente: Propia



**Figura 12** Gráfica bases de datos de consultadas



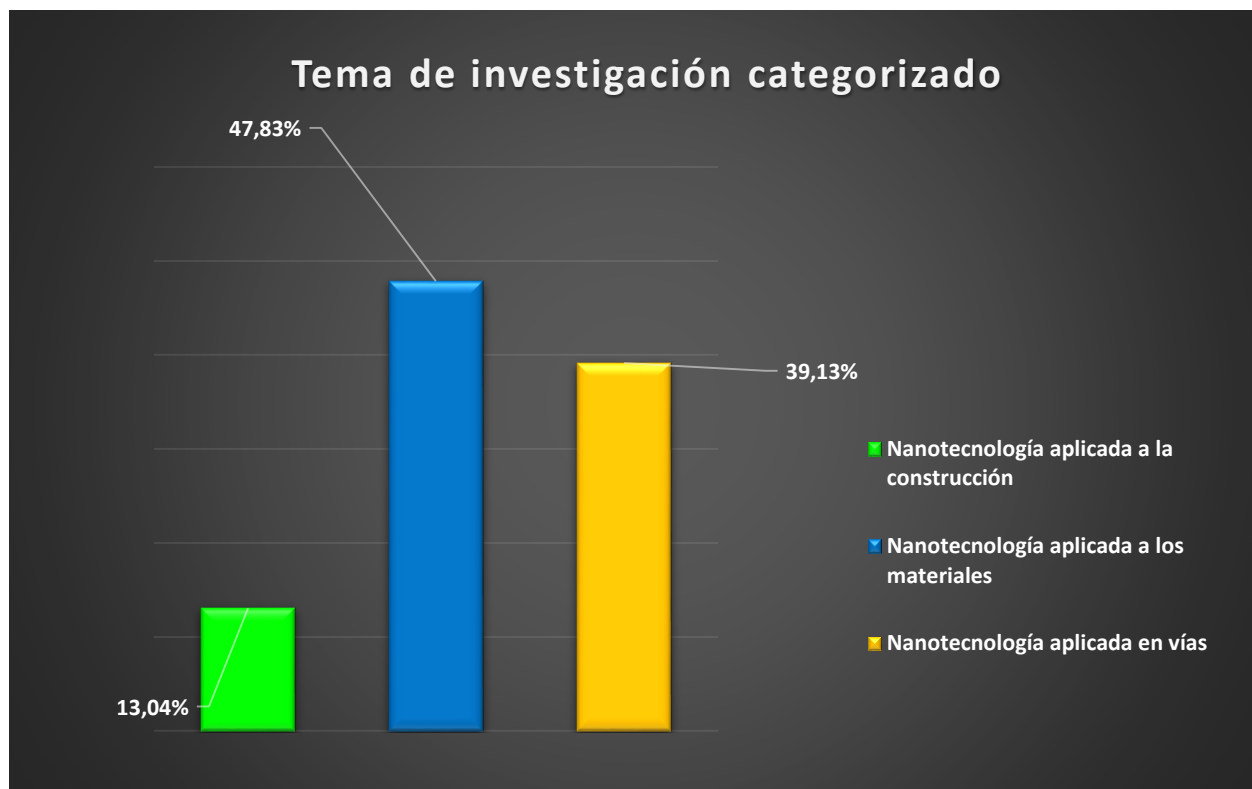
Fuente: Propia

Google Académico como uno de los mejores aliados en cuanto a la búsqueda de información verificable, que en esta revisión documental se utilizó el 30,43 % de todas las fuentes, para esto la importancia de conocer bases de datos y el poder saber cómo es la navegación dentro de la interfaz de google académico para sectorizar los resultados

**Tabla 8** Tema de investigación

| Ítem                 | Tema de investigación                     | Porcentaje     |
|----------------------|---|----------------|
| 1                    | Nanotecnología aplicada a la construcción | 13,04%         |
| 2                    | Nanotecnología aplicada a los materiales  | 47,83%         |
| 3                    | Nanotecnología aplicada en vías           | 39,13%         |
| <b>Total general</b> |   | <b>100,00%</b> |

Fuente: Propia

**Figura 13** Gráfica tema de investigación categorizado

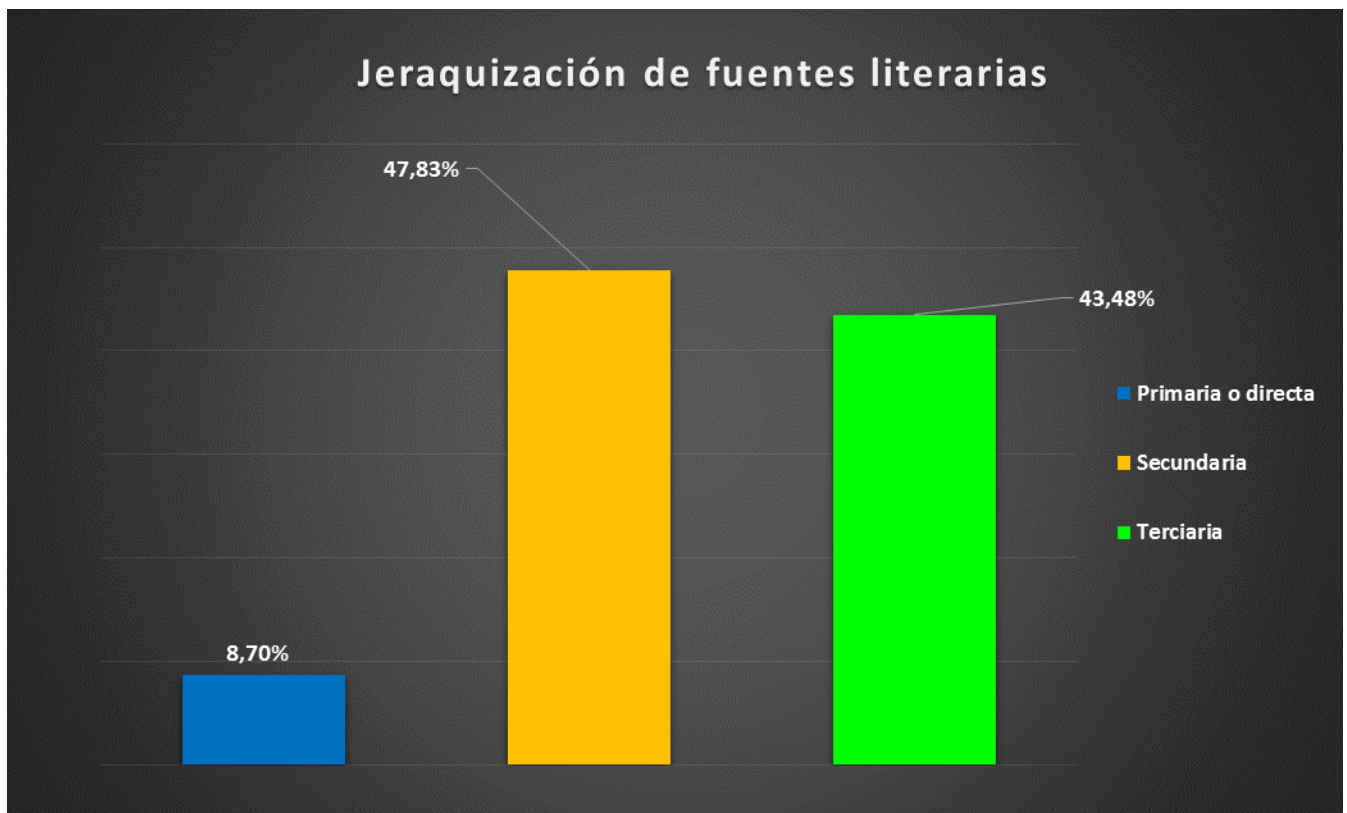
Fuente: Propia

Sectorizando la nanotecnología en tres de las muchas aplicaciones que tiene el tema, en la rama de la ingeniería civil lo que más se está investigando es la nanotecnología en los materiales con el 47,83% de las investigaciones, estas están verificando el desarrollo de materiales económicos y más resistentes en esta ciencia de la ingeniería civil, por otra parte esta es una de las investigaciones que realiza toda una metodología para resaltar la investigación de tipo mixto por medio de una revisión documental ya que en la búsqueda de antecedentes de esta índole fue casi imposible encontrar resultados dado que los autores de temas similares no tienen una metodología clara de investigación.

**Tabla 9** *Tipo de fuente*

| Ítem                 | Fuente             | Porcentajes    |
|----------------------|--------------------|----------------|
| 1                    | Primaria o directa | 8,70%          |
| 2                    | Secundaria         | 47,83%         |
| 3                    | Terciaria          | 43,48%         |
| <b>Total general</b> |                    | <b>100,00%</b> |

Fuente: Propia

**Figura 14** Gráfica jerarquización de fuentes literarias

Fuente: Propia

En esta jerarquización de las fuentes la fuente secundaria obtuvo un 47,83% lo que evidencia que la mayoría de la información se encuentra en fuentes de confianza y que están ancladas a instituciones sean educativas o del gobierno que tratan respecto de la investigación, las fuentes primarias o directas obtuvieron un 8,70% aquí cabe resaltar que se realizó contacto directo con Julián Salamanca, Director de Operaciones de KEMTEK S.A.S empresa que ha realizado la mayoría de los proyectos relacionados con el tema del estudio y quien aportó de manera significativa al desarrollo de esta investigación.

#### **4.2 Resultados: Comparativo de costos Sistema constructivo tradicional versus Sistema de Transporte Coloidal S.T.C**


Para el proceso comparativo se hace mediante los valores tradicionales dados por el Instituto de Infraestructura y Concesiones de Cundinamarca (ICCU) para el alto magdalena comparando así el cambio tanto en actividades como en valores. Para la conformación de la calzada se realiza la simulación con el producto STASOIL, teniendo un ahorro con respecto a la forma tradicional de un 45.2 %

Tabla 10 Presupuesto Placa Huella sistema constructivo tradicional.

| LINEA ESTRATEGICA                    |                        | PROGRAMA   |  | SUBPROGRAMA  |                         | META DE PRODUCTO  |               | OBJETIVO ESPECIFICO   | PRODUCTO                | Especificación O Norma Técnica | Item de Pago | ACTIVIDADES | INSUMOS      | AÑO 2020         |          |                   |             |  |  |
|--------------------------------------|------------------------|--|--|--|-------------------------|---|---------------|---|-------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------|------------------|----------|-------------------|-------------|--|--|
| SECRETARIA - ENTIDAD                 |                        | Oficina Asesora de Planeacion - Alcaldía Municipal de Agua de Dios |  | NOMBRE DEL PROYECTO  |                         | MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE DEL CASCO URBANO CONDUCE A LA VEREDA LA BALSITA SECTOR EL DIAMANTE DEL MUNICIPIO DE AGUA DE DIOS, CUNDINAMARCA |               |   |                         |                                |              |             |              | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | V/R UNITARIO (\$) | VALOR TOTAL |  |  |
| <b>PRELIMINARES</b>                  |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| 2. + COMPETITIVIDAD                  | Rutas para el progreso | Vías motor del desarrollo  | Construir un millón de M2 de placa huellas | Disminuir los costos logísticos que garanticen conectividad, transitabilidad y seguridad vial a través de la intervención de la infraestructura. | PLACA HUELLA CONSTRUIDA | INV 310.1   | 6,1           | CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE  | Mano de obra calificada | m2                             | 891,00       | 1.395,00    | 1.242.945,00 |                  |          |                   |             |  |  |
|                                      |                        |  |  |  |                         | Mano de obra no calificada  |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
|                                      |                        |  |  |  |                         | Materiales  |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
|                                      |                        |  |  |  |                         | Transporte  |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
|                                      |                        |  |  |  |                         | Maquinaria y Equipo   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
|                                      |                        |  |  |  |                         | <b>EXCAVACIONES Y RELLENOS</b>  |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
|                                      |                        |  |  |  |                         | INV 600.4 P   | 2,13          | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM) | Mano de obra calificada | m3                             | 43.705,00    | 23,75       | 1.038.037,46 |                  |          |                   |             |  |  |
|                                      |                        |  |  |  |                         | Mano de obra no calificada  |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
|                                      |                        |  |  |  |                         | Materiales  |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
|                                      |                        |  |  |  |                         | Transporte  |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Maquinaria y Equipo                  |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| INV 311.1                            | 3,15                   | AFIRMADO   | Mano de obra calificada                    | m3   | 76.958,00               | 209,25  | 16.103.461,50 |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Mano de obra no calificada           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Materiales                           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Transporte                           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Maquinaria y Equipo                  |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| <b>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b>       |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| INV 630.4                            | 4,6                    | CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (bases)                           | Mano de obra calificada                    | m3   | 579.490,00              | 85,76   | 49.695.034,19 |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Mano de obra no calificada           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Materiales                           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Transporte                           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Maquinaria y Equipo                  |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| INV 630.7                            | 4,25                   | CONCRETO CICLÓPEO CLASE G, 2000 PSI 40% RAJÓN PARA BASES           | Mano de obra calificada                    | m3   | 386.066,00              | 78,66   | 30.367.951,56 |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Mano de obra no calificada           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Materiales                           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Transporte                           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Maquinaria y Equipo                  |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| INV 671.1                            | 4,21                   | CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR          | Mano de obra calificada                    | m3   | 481.733,00              | 48,13   | 23.184.604,96 |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Mano de obra no calificada           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Materiales                           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Transporte                           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Maquinaria y Equipo                  |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| INV 640.1                            | 4,52                   | SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI        | Mano de obra calificada                    | Kg   | 4.725,00                | 8.735,39  | 41.274.717,75 |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Mano de obra no calificada           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Materiales                           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Transporte                           |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| Maquinaria y Equipo                  |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              |             |              |                  |          |                   |             |  |  |
| VALOR COSTO DIRECTO                  |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              | 162.906.752 |              |                  |          |                   |             |  |  |
| AIU                                  |                        |  |  |  |                         |   |               |   | %                       | 33                             |              | 53.759.228  |              |                  |          |                   |             |  |  |
| VALOR TOTAL OBRA CIVIL INTERVENTORIA |                        |  |  |  |                         |   |               |   | %                       | 10                             |              | 216.665.981 |              |                  |          |                   |             |  |  |
| VALOR TOTAL PROYECTO                 |                        |  |  |  |                         |   |               |   |                         |                                |              | 238.332.579 |              |                  |          |                   |             |  |  |

Fuente: Propia

**Tabla 11** Presupuesto Placa Huella Sistema de Transporte Coloidal (S.T.C)

|  GOBIERNO DE CUNDINAMARCA |                        | DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO Y ARTICULACIÓN GERENCIAL   |  |  |                         |                                |              |   |                            |                  |          |                   |                |
|--|------------------------|---|--|--|-------------------------|--------------------------------|--------------|---|----------------------------|------------------|----------|-------------------|----------------|
|  |                        | PRESUPUESTO PARA PROYECTOS DE INVERSIÓN   |  |  |                         |                                |              |   |                            |                  |          |                   |                |
| SECRETARÍA - ENTIDAD   |                        | Oficina Asesora de Planeación - Alcaldía Municipal de Agua de Dios  |  |  |                         |                                |              |   |                            |                  |          |                   |                |
| NOMBRE DEL PROYECTO  |                        | MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE DEL CASCO URBANO CONDUCE A LA VEREDA LA BALSITA SECTOR EL DIAMANTE DEL MUNICIPIO DE AGUA DE DIOS, CUNDINAMARCA |  |  |                         |                                |              |   |                            |                  |          |                   |                |
| LINEA ESTRATÉGICA  | PROGRAMA               | SUBPROGRAMA   | META DE PRODUCTO                           | OBJETIVO ESPECÍFICO  | PRODUCTO                | Especificación O Norma Técnica | Item de Pago | ACTIVIDADES   | INSUMOS                    | AÑO 2020         |          |                   |                |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              |   |                            | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | V/R UNITARIO (\$) | VALOR TOTAL    |
| <b>PRELIMINARES</b>  |                        |   |  |  |                         |                                |              |   |                            |                  |          |                   |                |
| 2. + COMPETITIVIDAD  | Rutas para el progreso | Vías motor del desarrollo   | Construir un millón de M2 de placa huellas | Disminuir los costos logísticos que garanticen conectividad, transitabilidad y seguridad vial a través de la intervención de la infraestructura. | PLACA HUELLA CONSTRUIDA | INV 310.1                      | 6,1          | CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE  | Mano de obra calificada    | m2               | 891,00   | 1.395,00          | 1.242.945,00   |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              |   | Mano de obra no calificada |                  |          |                   |                |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              |   | Materiales                 |                  |          |                   |                |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              |   | Transporte                 |                  |          |                   |                |
| <b>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b>   |                        |   |  |  |                         |                                |              |   |                            |                  |          |                   |                |
|  |                        |   |  |  |                         | INV 630.7                      | 4,25         | Conformación de base en mezcla de afirmado existente con suelo ceneto y stc (coloide) | Mano de obra calificada    | m2               | 891,00   | 52.446,00         | 46.729.386,000 |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              | Mano de obra no calificada  |                            |                  |          |                   |                |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              | Materiales  |                            |                  |          |                   |                |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              | Transporte  |                            |                  |          |                   |                |
|  |                        |   |  |  |                         | INV 640.1                      | 4,52         | SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI                           | Mano de obra calificada    | Kg               | 4.725,00 | 8.735,39          | 41.274.717,750 |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              | Mano de obra no calificada  |                            |                  |          |                   |                |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              | Materiales  |                            |                  |          |                   |                |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              | Transporte  |                            |                  |          |                   |                |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              |   |                            |                  |          |                   |                |
| VALOR COSTO DIRECTO  |                        |   |  |  |                         |                                |              |   |                            |                  |          |                   | 89.247.049     |
| AIU  |                        |   |  |  |                         |                                |              |   |                            | %                | 33       |                   | 29.451.526     |
| VALOR TOTAL OBRA CIVIL INTERVENTORIA   |                        |   |  |  |                         |                                |              |   |                            | %                | 10       |                   | 118.698.575    |
|  |                        |   |  |  |                         |                                |              |   |                            |                  |          |                   | 11.869.857     |
| VALOR TOTAL PROYECTO   |                        |   |  |  |                         |                                |              |   |                            |                  |          |                   | 130.568.432    |

Fuente: Propia

### 4.3 Resultados: Análisis técnico de la comparación de las alternativas de la construcción de la Vereda La Balsita Sector El Diamante

El comparativo se realiza utilizando el producto nanotecnológico STASOIL el cual pertenece al sistema de transporte coloidal S.T.C

Para el sistema tradicional se requiere realizar excavaciones y retiros de material los cuales en tiempo se contrastan con la ejecución de la obra, para una placa huella de 279 metros y un ancho promedio de 5 metros tiene una duración aproximada de 6 a 7 meses discriminados de la siguiente manera:

**Tabla 12** Cronograma de actividades Sistema constructivo tradicional

| Actividad  | Semanas |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |
|--|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|
|  | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |  |  |  |
| Conformación de la calzada   | ■       | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |
| Afirmado   |         |   |   |   |   |   |   | ■ | ■ | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |
| Excavaciones ( distancia igual o menor a 5 km para disposición de sobrantes) |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |
| Fundición de los concretos   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |
| Suministro del figurado  |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  |    |    |    |  |  |  |

Fuente: Propia

- Los valores de las actividades están descritos en la Tabla 10 presupuesto Placa Huella Sistema Constructivo Tradicional.

Ahora bien así funciona el Sistema de transporte coloidal:

A diferencia del sistema tradicional, el Sistema de Transporte Coloidal S.T.C utiliza el estudio de suelos para desarrollar un coloide único par ese lugar, evaluando el material orgánico el cual siempre ha sido retirado.

Teniendo en cuenta lo anterior haciendo la estabilización del suelo de esta manera tecnológica se genera una vía que se puede transitar sin necesidad de fraguado si no que puede quedar en operación inmediatamente.

Para una vía de 279 metros con un ancho Promedio de 5 metros el tiempo de ejecución se puede dar en 4 días distribuidos así:



**Tabla 13** Cronograma de actividades Sistema de Transporte Coloidal S.T.C

| Actividad   | Días |   |   |   |   |   |   |
|---|------|---|---|---|---|---|---|
|   | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Conformación de la calzada                            |      |   |   |   |   |   |   |
| Escarificación, aplicación de STASOIL y compactación. |      |   |   |   |   |   |   |
| Revisión de la vía conformada.                        |      |   |   |   |   |   |   |

Fuente: Propia

Es importante aclarar que el STASOIL usa como medio de transporte el agua, por lo que abarca mucha mayor penetración que cualquier otro sistema de estabilización. Este último día para la revisión de la vía conformada, se utiliza para evaluar las características nuevas de la vía, pues esta tecnología es tan eficiente que las características del suelo mejorado no necesitan capas de rodadura más que la que se ejecutó en la compactación.

- Los valores de las actividades están descritos en la Tabla 11 presupuesto Placa Huella Sistema de Transporte Coloidal S.T.C.

#### 4.4 Conclusiones

1. En la ejecución de la revisión de la literatura es importante precisar que, no existen trabajos de investigación profunda acerca de la nanotecnología en la construcción, existen trabajos donde se formula una descripción de los conceptos de la nanotecnología los cuales solo están en la fase teórica puesto que en la praxis son muy pocos los desarrollados, existen proyectos investigativos y realizados fuera del país los cuales le apuestan al estudio de la nanociencia, siendo esto así es preciso seguir indagando sobre como un país como Colombia debe incursionar de una manera más activa dentro de la utilización de la nanotecnología en la construcción de vías.

2. La construcción de la matriz de referencia para la presente investigación descriptiva tuvo como objeto sectorizar la literatura que aportara la mayoría de recursos para determinar su aplicación en el proyecto, en este mismo sentido trabajar una revisión de literatura tiene cierta dificultad ya que se puede encontrar una gran cantidad de literatura, pero que aporte al desarrollo de la pregunta problema y al desarrollo de los objetivos propuestos por lo que solamente se puede recopilar en un matriz de referencia.

3. En síntesis se recopilaron referencias que cumplieran con las características para vías y el uso de la nanotecnologías en materiales para aumentar las cualidades del mismo material en esta se evidencia la presencia de un producto específico el cual cumplía con todas los atributos para el planteamiento del problema el cual pretendía que al usar productos de nanotecnología el tiempo de ejecución de la obra y su costo la claridad de los conceptos de la nanotecnología y la nanociencia las cuales tienen una diferencia que radica en su masificación pero su esencia es la misma trabajar a escalas pequeñas para lograr un mayor beneficio.

4. Se realizó un comparativo utilizando como referencia el uso de un producto en la matriz de referencia de nombre STASOIL para la construcción de un sistema de pavimentación denominado placa huella ubicado en el municipio de Agua de Dios la cual está ubicada en una de sus veredas llamada La Balsita que por su relieve es indispensable para la generación de comunicación entre la población rural del municipio y la cabecera municipal.

Al generar este comparativo y como el método de construcción donde se supone que es inevitable el remplazo de material la literatura analizada evidencia el como con suelos aun en peores condiciones de nivel freático de humedad de evidencia de arcillas expansivas, con la utilización de la nanotecnología las características del suelo no solo en su estabilización si no en

las características del suelo circundante al producto ser estabilizado a través del transporte de las nano partículas es pertinente incluir esta opción dentro de la cotizaciones de estabilización de suelos pues la reducción del costo fue de un 45.2% y eso es tener prácticamente el 50% más cercano de generar otro proyecto, esta aplicación es tan atractiva que en varios proyectos no es necesario capas de rodadura extras luego de estabilización del suelo que al ser compactado genera una dureza importante y una alta flexibilidad lo que e convierte en una tendencia de la nanotecnología pues no solo tendría un uso si no que funcionaria en otros tipos de proyectos.

Salta a luz de los resultados que estos productos para el sector público no es muy atractivo ya que a su vez al ser económico y especial no generaría tanta corrupción y esto mencionado ¿Por qué? Pues porque existen muchos interés detrás de esta misma tecnología que lleva más de 20 años en el mercado y está dada a que menores valores menor tercerización y nombrando los sectores que podrían entran a perder varias ventas al año lo pueden ser el sector del diésel puesto que a menor transporte de material menos combustible, las canteras o receberas al no utilizar estos agregado externos y utilizar los del sitio generaría una menor rentabilidad para estas industrias, el uso del cemento el elemento clave en la estabilización y la construcción de vías seria por decir un ejemplo para estabilizar un suelo con cemento esta dado mediante l relación de que por cada m<sup>3</sup> de agregados se deben suministrar hasta 7 bultos, ahora vienen la estabilización con STASOIL que es un producto de la característica de sistema de transporte coloidal se utiliza un bulto lo que para los cementeros es un riesgo. Para finalizar la nanotecnología en la estabilización de suelos sirve para todo tipo de suelo

#### **4.5 Recomendaciones**

Colombia debe normalizar mediante decretos o normas la nanotecnología ya que el uso de la misma de una manera irresponsable pone en riesgo el avance tecnológico en cuanto a la seguridad del medio ambiente y la salud humana.

El sector público debe considerar más la nanotecnología como aliada estratégica para el desarrollo de las vías del país otorgando así mejor calidad de vida de sus habitantes.

Se deben dotar laboratorios en las academias para la investigación molecular de los suelos y poder conjugar lo tradicionalidad con la tecnología.

## Referencias

- Barrantes, R. (2013). *Métodos de estudio a distancia e investigación Módulo 3*. San José: EUNED.
- Batipste, J. (2014). *Resumen gráfico de la utilización de STASOIL en vías de Bogotá*. Bogotá: KEMTEK S.A.S.
- Betancur, C., Hernández, V., & Buitrago, R. (2016). Nanopartículas para materiales antibacterianos y aplicaciones del dióxido de titanio. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 50-55.
- CEMEX Colombia. (01 de 01 de 2020). *Sub Base granular*. Obtenido de CEMEX Colombia: <https://www.cemexcolombia.com/productos/agregados/sub-base-granular>
- Cervantes, V. (2011). Aplicaciones generales de la nanotecnología en el campo de la construcción. *Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR*, 2(17), 1-5. Obtenido de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/365>
- Córdoba-Pachón, J. (2005). Perspectivas para la sociedad de la información. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, diciembre(19), 78-100. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64601904>
- Cornejo, L. (16 de junio de 2015). *Nanociencia y Nanotecnología*. Obtenido de Nuevas tecnologías y materiales: <https://nuevastecnologiasymateriales.com/nanociencia-y-nanotecnologia/>
- EL TIEMPO. (30 de mayo de 2017). *Solo 25 por ciento de vías terciarias del país están en buen estado*. Obtenido de EL TIEMPO: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/vias-terciarias-de-colombia-en-mal-estado-93430>
- Fernández, Á. (2007). TX Active, cementos autolimpiantes y descontaminantes. *Cemento Hormigón*, 54-61. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2292891>
- Fundación laboral de la construcción. (01 de enero de 2006). *Diccionario de la Construcción*. Obtenido de Fundación laboral de la construcción: <http://www.diccionariodelaconstruccion.com/procesos-productivos-obra-civil/firmes-y-pavimentos/capacidad-portante>
- González, M. (10 de enero de 2012). *Mecánica de Suelos-Capilaridad*. Obtenido de La Física-guía: <https://fisica.laguia2000.com/dinamica-clasica/fuerzas/mecanica-de-suelos-capilaridad#:~:text=Ascensi%C3%B3n%20del%20agua%20por%20encima,contrario%2>

0a1% 20de% 20la% 20gravedad.&text=Las% 20fuerzas% 20de% 20cohesi%C3%B3n% 20entre,en% 20un% 20sistema% 20suelo% 2Dagua.

Hernández- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación sexta edición*. México: McGraw Hill Education.

Instituto Colombiano De Geología Y Minería- INGEOMINAS. (2004). *Geoquímica de metales pesados en suelos de la cuenca del Río Bogotá*. Bogotá: INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA- INGEOMINAS.

Instituto de Desarrollo Urbano -IDU. (01 de enero de 2015). *Guía para el diseño y la construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizadas mediante procesos químicos*. Obtenido de Instituto de Desarrollo Urbano -IDU: [http://secsalat.com/Productos/PERMA\\_ZYME\\_11X/DESCARGAR/DOC%20TECNICO S/GUIA\\_IDU.pdf](http://secsalat.com/Productos/PERMA_ZYME_11X/DESCARGAR/DOC%20TECNICO%20S/GUIA_IDU.pdf)

Instituto Nacional de Vías-INVÍAS. (29 de agosto de 2016). *Clasificación de las Carreteras*. Obtenido de Instituto Nacional de Vías-INVÍAS: <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-uncategorised/2706-clasificacion-de-las-carreteras#:~:>

KEMTEK S.A.S. (2014). *Aplicación de STASOIL en vías y concretos en Colombia*. Bogotá: KEMTEK S.A.S.

López, G., & Tobías, H. (2013). Nanotecnología aplicada a la estabilización de suelos: Desempeño técnico. *Simposio Internacional sobre materiales lignocelulosicos* (págs. 1-5). Santa Fe, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.

Méndez, A., & Astudillo, M. (2008). *La investigación en la era de la información: guía para realizar la bibliografía y fichas de trabajo*. México: Trillas. Obtenido de <http://herzog.economia.unam.mx/academia/inae/pdf/inae1/u115.pdf>

Mendoza, G., & Rodriguez, J. (2007). La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Enero-junio*(29), 161-186. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11502906>

Morote, J. (31 de mayo de 2014). *OVACEN*. Obtenido de El grafeno y sus aplicaciones en la construcción o arquitectura: <https://ovacen.com/el-grafeno-y-sus-aplicaciones-construccion/>

Museum Cemento Rezola. (17 de octubre de 2005). *Cemento blanco para Richard Meier*. Obtenido de Museum Cemento Rezola: <http://museumcementorezola.org/es/?p=756>

Niño, C., & Torres, C. (2014). Construcción de capas estructurales de pavimento estabilizadas mediante Sistema de Transporte Coloidal (STC)- Tesis de grado. Bogotá, Colombia:

Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11618/CONSTRUCCION%20DE%20CAPAS%20ESTRUCTURALES%20DE%20PAVIMENTO%20ESTABILIZADAS%20MEDIANTE%20COLOIDES.pdf;jsessionid=317820356346E18058D48A071610DF2E?sequence=1>

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. (01 de noviembre de 1999). *El suelo, diferencias según su aspecto físico y químico*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/home/es/>

PowerCem Technologies. (01 de enero de 2014). *Proyecto carretera principal Urucú*. Obtenido de PowerCem Technologies : <https://www.powercem.com/es/projects/main-road-urucu.html>

Tobón, J., Restrepo, Ó., & Payá, J. (2006). Adición de nanopartículas al cemento portland. *Revista DYNA de la facultad de minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, 227-291.

Wirtgen Group. (01 de 01 de 2019). *Estabilización de suelos*. Obtenido de Wirtgen Group: <https://www.wirtgen-group.com/es-bo/aplicaciones/obras-de-movimiento-de-tierras/estabilizacion/#>

## Anexos

## Anexo 1 Matriz Documental revisión literatura.

| Nº | Tipo de artículo | Tipo de publicación | Año de publicación | País          | Base de datos de consulta | Institución de donde procede el artículo  | Autores  | Título del artículo   | Tema de investigación                    | Tipo de Fuente | Ubicación en línea  |
|----|------------------|---------------------|--------------------|---------------|---------------------------|---|--|---|--|----------------|---|
| 1  | Artículo digital | Revista             | 2004               | Unión Europea | Google académico          | Ministerio de Educación e Investigación de Alemania, Asociación Alemana de Ingenieros | Comisión Europea, dirección general de investigación                   | La nanotecnología innovaciones para el mundo del mañana- edición en español | Nanotecnología aplicada a los materiales | Terciaria      | <a href="http://www.tecnologianano.com/tecnowp16/wp-content/uploads/2012/04/la-nanotecnologia-innovaciones-para-el-mundo-del-manana.pdf">http://www.tecnologianano.com/tecnowp16/wp-content/uploads/2012/04/la-nanotecnologia-innovaciones-para-el-mundo-del-manana.pdf</a> |
| 2  | Artículo digital | Revista             | 2006               | Colombia      | Scielo                    | Revista DYNA de la facultad de minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín | Jorge Iván Tobón, óscar Jaime Restrepo Baena, Jorge Juan Payá Bernabéu | Adición de nanopartículas al cemento portland                               | Nanotecnología aplicada a los materiales | Terciaria      | <a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0012-73532007000200025&amp;lang=pt">http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0012-73532007000200025&amp;lang=pt</a>   |
| 3  | Libro            | Libro               | 2007               | España        | Editorial Reverté         | Editorial Reverté   | Charles Poole Jr, Frank Owens  | Introducción a la nanotecnología- edición en español                        | Nanotecnología aplicada a los materiales | Terciaria      | Versión impresa   |
| 4  | Artículo digital | Revista             | 2007               | México        | Redalyc                   | Perfiles Latinoamericanos   | Guadalupe Mendoza, José Rodríguez                                      | La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso                 | Nanotecnología aplicada a los materiales | Terciaria      | <a href="http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11502906">http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11502906</a>   |
| 5  | Artículo digital | Revista             | 2007               | España        | Dialnet                   | Cemento Hormigón  | Ángel Fernández Carazo   | TX Active, cementos autolimpiantes y descontaminantes                       | Nanotecnología aplicada a los materiales | Terciaria      | <a href="https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2292891">https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2292891</a>   |



|    |                   |                            |      |            |                           |   |  |   |   |            |   |
|----|-------------------|----------------------------|------|------------|---------------------------|---|--|---|---|------------|---|
| 6  | Boletín técnico   | Revista                    | 2011 | Costa Rica | Google académico          | Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales- Escuela de Ingeniería Civil Universidad de Costa Rica | Victor Hugo Cervantes Calvo  | Aplicaciones generales de la nanotecnología en el campo de la construcción              | Nanotecnología aplicada a la construcción | Terciaria  | <a href="https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/365/17.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/365/17.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>   |
| 7  | Artículo digital  | Revista                    | 2012 | México     | Redalyc                   | Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción       | E. Téllez Girón, A .N. Martín Acosta, A. Pérez Hernández , U. Verdecia Rodríguez | Reología, comportamiento físico-mecánicos y de durabilidad de hormigones con nanosilice | Nanotecnología aplicada a los materiales  | Terciaria  | <a href="https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427639588004">https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427639588004</a>   |
| 8  | Proyecto de grado | Proyecto de grado maestría | 2012 | Colombia   | Repositorio institucional | Repositorio Universidad de los Andes  | Iván Darío Mantilla Rosas  | Potencial de uso de la nanotecnología en la infraestructura vial en Colombia            | Nanotecnología aplicada en vías           | Secundaria | <a href="https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/11696/u619185.pdf?sequence=1">https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/11696/u619185.pdf?sequence=1</a>   |
| 9  | Simposio          | Congreso                   | 2013 | Argentina  | Google académico          | 13° Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales 2013                                | Gerardo López, Horacio Tobías  | Nanotecnología aplicada a la estabilización de suelos: desempeño técnico                | Nanotecnología aplicada en vías           | Secundaria | <a href="https://www.academia.edu/25744816/NANOTECNOLOGIA_APLICADA_A_LA_ESTABILIZACION_DE_SUELOS_DESEMPEÑO_TÉCNICO?email_work_card=thumbnail">https://www.academia.edu/25744816/NANOTECNOLOGIA_APLICADA_A_LA_ESTABILIZACION_DE_SUELOS_DESEMPEÑO_TÉCNICO?email_work_card=thumbnail</a> |
| 10 | Simposio          | Congreso                   | 2013 | Argentina  | Google académico          | 13° Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales 2013                                | Gerardo López  | Nanotecnología aplicada a la estabilización de suelos: factibilidad económica           | Nanotecnología aplicada en vías           | Secundaria | <a href="https://www.academia.edu/25744811/NANOTECNOLOGIA_APLICADA_A_LA_ESTABILIZACION_DE_SUELOS_FACTIBILIDAD_ECONÓMICA">https://www.academia.edu/25744811/NANOTECNOLOGIA_APLICADA_A_LA_ESTABILIZACION_DE_SUELOS_FACTIBILIDAD_ECONÓMICA</a>   |

|    |                   |                                  |      |          |                           |   |   |  |   |                    |   |
|----|-------------------|----------------------------------|------|----------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------|---|
| 11 | Trabajo de grado  | Trabajo de grado pregrado        | 2013 | Colombia | Repositorio institucional | Repositorio Universidad Católica de Colombia  | Andrés Ariza Bachiller, Julio Cesar Casas Yaya                | Estado del arte uso de nanotubos de carbono para la mejora de las propiedades en los concretos               | Nanotecnología aplicada a los materiales  | Secundaria         | <a href="https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/905/3/Estado-arte-uso-nanotubos-carbono-mejora-propiedades-concretos.pdf">https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/905/3/Estado-arte-uso-nanotubos-carbono-mejora-propiedades-concretos.pdf</a>   |
| 12 | Trabajo de grado  | Trabajo de grado especialización | 2014 | Colombia | Repositorio institucional | Repositorio Universidad Militar Nueva Granada | Claudia Mercedes Niño Cárdenas, Cesar Humberto Torres Agudelo | Construcción de capas estructurales de pavimento estabilizadas mediante sistema de transporte coloidal (STC) | Nanotecnología aplicada en vías           | Secundaria         | <a href="https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11618/CONSTRUCCION%20DE%20CAPAS%20ESTRUCTURALES%20DE%20PAVIMENTO%20ESTABILIZADAS%20MEDIANTE%20COLOIDES.pdf;jsessionid=317820356346E18058D48A071610DF2E?sequence=1">https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11618/CONSTRUCCION%20DE%20CAPAS%20ESTRUCTURALES%20DE%20PAVIMENTO%20ESTABILIZADAS%20MEDIANTE%20COLOIDES.pdf;jsessionid=317820356346E18058D48A071610DF2E?sequence=1</a> |
| 13 | Libro             | Libro                            | 2014 | España   | Editorial crítica         | Editorial crítica                             | José Martín-Gago, Carlos Briones, Elena Casero, Pedro Serena  | El nanomundo en tus manos. Las claves de la nanociencia y la nanotecnología                                  | Nanotecnología aplicada a los materiales  | Terciaria          | Versión impresa   |
| 14 | Proyecto de grado | Proyecto de grado pregrado       | 2014 | Colombia | Repositorio institucional | Repositorio Universidad Piloto de Colombia    | Diego Alonso Mojica Lopez                                     | La nanotecnología en a infraestructura civil estado del conocimiento y prospectiva                           | Nanotecnología aplicada a la construcción | Secundaria         | <a href="http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00001316.pdf">http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00001316.pdf</a>   |
| 15 | Artículo digital  | Informe técnico                  | 2014 | Colombia | Empresa                   | KEMTEK S.A.S                                  | Juan Alberto Baptiste   | Aplicación del STASOIL en vías y concreto de Bogotá-Resumen Gráfico de su utilización                        | Nanotecnología aplicada en vías           | Primaria o directa | <a href="#">Versión digital no cargada en portal web</a>  |

|    |                  |   |      |          |                           |   |   |  |   |                    |   |
|----|------------------|---|------|----------|---------------------------|---|---|--|---|--------------------|---|
| 16 | Artículo digital | Informe técnico                                       | 2014 | Colombia | Empresa                   | KEMTEK S.A.S  | Juan Alberto Baptiste   | Introducción de STASOIL en Ingeniería Civil  | Nanotecnología aplicada a los materiales  | Primaria o directa | <a href="#">Versión digital no cargada en portal web</a>  |
| 17 | Tesis de grado   | Tesis pregrado  | 2015 | Perú     | Repositorio institucional | Repositorio Universidad Ricardo Palma   | Cindy Marisol Cortes Olano, Miguel Alfonso Fernandez Carvallo | Influencia de las zeolitas y biopolímeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de lima para vías a nivel de afirmado   | Nanotecnología aplicada en vías           | Secundaria         | <a href="http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2377/cortes_cm-fernandez_ma.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2377/cortes_cm-fernandez_ma.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>       |
| 18 | Trabajo de grado | Trabajo de grado maestría                             | 2015 | España   | CORE UK                   | Repositorio Universidad Politécnica de Madrid   | Juan Gabriel Bessini Muñoz, Jaime Carlos Gálvez Ruiz          | Morteros de cemento con nano-adiciones de sílice, hierro y alúmina   | Nanotecnología aplicada a los materiales  | Secundaria         | <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/148675827.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/148675827.pdf</a>   |
| 19 | Artículo digital | Revista   | 2016 | México   | Google académico          | Revista Construcción y Tecnología en Concreto del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto | Juan fernando González  | Nanotecnología y concreto p.p 17-20  | Nanotecnología aplicada a la construcción | Terciaria          | <a href="http://imccm.com/images/MAYO%202016.pdf">http://imccm.com/images/MAYO%202016.pdf</a>   |
| 20 | Tesis de grado   | Tesis pregrado  | 2017 | Perú     | Google académico          | Repositorio Universidad César Vallejo   | Ysidro Rodríguez Atalaya                                      | Rehabilitación con concreto zeolítico sintético para mejorar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores, San Martín de Porres, Lima - 2017                                   | Nanotecnología aplicada en vías           | Secundaria         | <a href="http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23121/Rodr%3Adguez_AY.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23121/Rodr%3Adguez_AY.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a> |
| 21 | Artículo digital | Revista   | 2017 | Colombia | Universidad Javeriana     | Revista de divulgación científica y tecnológica<br>Pesquisa Javeriana                           | Camilo Calderón Acero   | Vías más duraderas gracias a los nanomateriales  | Nanotecnología aplicada en vías           | Terciaria          | <a href="https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/vias-mas-duraderas-gracias-a-los-nanomateriales/">https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/vias-mas-duraderas-gracias-a-los-nanomateriales/</a>   |
| 22 | Trabajo de grado | Trabajo de grado Tecnología en construcciones civiles | 2017 | Colombia | Google académico          | Repositorio Universidad Distrital Francisco José de Caidas                                      | Ellerly Alejandro Navarro Jiménez, Horacio Forero Romero      | Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono  | Nanotecnología aplicada a los materiales  | Secundaria         | <a href="http://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6265/1/NavarroJimenezEllerlyAlejandro2017.pdf">http://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6265/1/NavarroJimenezEllerlyAlejandro2017.pdf</a>                             |
| 23 | Trabajo de grado | Trabajo de grado especialización                      | 2018 | Colombia | Repositorio institucional | Repositorio Universidad Militar Nueva Granada   | Laura Marcela Casanova Arenas                                 | Empleo de mezclas asfálticas modificadas con nanotecnología para el mejoramiento de la estructura de pavimento flexible en la construcción de los terceros carriles de la vía Bucaramanga-Cuestaboba | Nanotecnología aplicada en vías           | Secundaria         | <a href="https://repositorio.unimilitar.edu.co/handle/10654/17065">https://repositorio.unimilitar.edu.co/handle/10654/17065</a>   |