



# ANÁLISIS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN ZONA DE DERECHO DE VÍA EN CARRETERAS DE DOBLE CALZADA COLOMBIANAS - CASO RUTA 5501

**Angie Caballero Arias, Danna Muñoz Rodríguez**

**Universidad Central  
Bogotá, Colombia**

## Resumen

Las carreteras constituyen la red de transporte y comunicación en una región, paralelamente generan procesos de transformación del paisaje, del medio natural y social. Ligado a las vías se encuentran sus bordes, siendo un interfaz entre los espacios rurales, urbanos, naturales y las rutas. Los bordes de carretera (BC) pueden influenciar positiva o negativamente la biodiversidad, los ecosistemas, la salud humana, la prevención de riesgos, la seguridad vial, impactos que dependen de la gestión que se realiza en estas zonas. Es importante analizar como los investigadores científicos han estudiado la gestión de carreteras, a nivel internacional, regional y en Colombia; a través de una revisión sistemática de literatura para conocer la relación de la gestión ambiental en bordes carretera (GABC) con otros campos de investigación utilizando VOSviewer, una herramienta de visualización. El eje central de investigación resulta ser el entorno de BC, sin embargo, en el caso latinoamericano no se desarrolla investigación de GABC integrando estrategias de sostenibilidad. Asimismo, es relevante analizar cómo se realiza la gestión ambiental en las áreas verdes que están incluidas en las zonas de derecho de vía, mediante un análisis geoespacial de la ruta 5501 (Tramo Bogotá – Tunja) de la Troncal Central del Norte, con el fin de caracterizar la extensión y el tipo de cobertura de estas áreas verdes, teniendo en cuenta la normativa establecida para las fajas de retiro en carreteras primarias para Colombia. A partir de la información geográfica, se delimitan las zonas de interés en cada costado de la carretera y se obtiene como resultado que un 46,6% del tramo analizado corresponde a territorios artificializados. Mientras que, un 38,8% de estas zonas está conformado por territorios agrícolas con cultivos característicos de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá.

**Palabras clave:** borde de carretera; derecho de vía; ecología vial

## Abstract

Roads constitute the transport and communication network in a region, at the same time they generate processes of transformation of the landscape, the natural and social environment. Linked to the roads are their edges, being an interface between rural, urban, natural spaces and routes. Roadsides can positively or negatively influence biodiversity, ecosystems, human health, risk prevention, road safety, impacts that depend on management in these areas. It is important to analyze how scientific researchers have studied the management of highways, internationally, regionally and in Colombia, through a systematic review of literature to know the relationship of environmental management on roadsides with other fields of research using VOSviewer, a visualization tool. The central axis of research turns out to be the environment of roadsides, however, in the Latin American case, there is no research on environmental management on roadsides integrating sustainability strategies. It is also relevant to analyse how environmental management is carried out in the green areas that are included in right-of-way zones, by means of a geospatial analysis of route 5501 (Bogota - Tunja) of the Troncal Central del Norte, in order to characterise the extension and type of coverage of these green areas, taking into account the regulations established for retirement belts on primary roads for Colombia. Based on geographic information, the areas of interest are delimited on each side of the road and as a result 46.6% of the section analyzed corresponds to artificialized territories. Meanwhile, 38.8% of these areas are made up of agricultural territories with crops characteristic of Cundinamarca's and Boyaca's departments.

**Keywords:** roadside; right of way; road ecology

## 1. Introducción

La infraestructura vial es una manifestación social, económica y política de un territorio, correlacionada con los procesos de transformación del paisaje, influenciando el medio natural y las estructuras sociales (Coffin, 2007). Ligado a las vías están las superficies dedicadas a los bordes de carreteras donde interactúan los ecosistemas, las comunidades, las redes de comunicación, el paisaje, el transporte, entre otros. En países como Inglaterra, Bélgica y Francia, estudios resaltan los bordes de carretera como espacios potenciales de conservación de biodiversidad, generando servicios ecosistémicos para la reducción de inundaciones, retención de contaminantes, atenuación del ruido, captura de carbono y muchos más (Bautista, Camargo, Morel, & Bachmann, 2018).

Los impactos las carreteras sobre los ecosistemas y el paisaje se relacionan generalmente con la fragmentación de ecosistemas, proliferación de especies invasivas y alergénicas, disminución de biodiversidad nativa, alteración del ciclo hidrológico, cambios microclimáticos, producción de material particulado, ruido, contaminación del agua y del suelo (Korzhenyevych et al., 2014). La gestión que se realiza sobre los bordes de carretera puede convertirse en un aspecto crítico para mitigar tales impactos, ya que las actividades de mantenimiento, como la poda de árboles y arbustos, el corte de pastos, su frecuencia, manejo del material vegetal residual es complejo,

debido a la gran exigencia de recursos económicos, técnicos y logísticos (Abdmouleh, Alammari, & Gastli, 2015).

En Colombia, la red nacional de carreteras cuenta con 210.418 km, de los cuales 16.575 km corresponden a red vial primaria, 42.954 km a la red secundaria y 138.638 km a la red terciaria (DNP, 2013). Así mismo, se han construido 1.147 Km de dobles calzadas, de las cuales 891 Km se encuentran en operación. La carretera 5501 (Bogotá – Tunja) pertenece a uno de los tramos de la ruta 55 Troncal Central del Norte, carretera primaria nacional, que cubre el trayecto entre Bogotá y el municipio de Puerto Santander.

En este contexto, es necesario realizar: (1) Diagnóstico de la gestión ambiental de los bordes (GABC) a través de una revisión sistemática de bibliografía a nivel internacional, en Latinoamérica y en Colombia, representada en grafos obtenidos en VOSviewer, y de una identificación de extensión de vías y tipo de cobertura de los bordes de carretera (BC) en el tramo de estudio utilizando el software ArcGIS. (2) Identificación de los impactos ambientales que se generan por las actividades de manejo y mantenimiento en los BC en carreteras primarias de dobles calzadas en Colombia mediante una revisión de los términos de referencia de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) como soporte para la autoridad ambiental y la aplicación de un método de valoración de impactos ambientales representado en una matriz Conesa. (3) Aproximación a la valoración económica de los servicios ecosistémicos en los BC de la ruta 5501, identificando los servicios ecosistémicos potenciales de los espacios vegetalizados en los BC y realizando su respectiva valoración a través de una metodología como lo es la valoración Contingente (MVC).

Los resultados de la primera fase evidencian primero, que los temas de investigación abordados entorno a la GABC a nivel internacional se enfocan en estrategias de sostenibilidad y ecología vial destacando el eje central en el que coinciden los investigadores, para situar los bordes de carretera como temática integrante de los territorios, mientras que, en la región latinoamericana aunque se aborda la ecología vial y de paisaje junto con la evaluación de impacto ambiental no hay un desarrollo de investigación de GABC. Segundo, que la ruta 5501, al ser una vía primaria de doble calzada y poseer una extensión de 119 km tiene un área destinada a borde de carretera de  $3,4 \text{ km}^2$ , determinada por las fajas de retiro establecidas en el decreto 2976 de 2010. Sin embargo, es un área que esta intervenida en un 46.6 % por actividades artificializadas, que no corresponden con lo establecido por la normativa colombiana a pesar de que hay un 38.8% de territorio que corresponde a coberturas agrícolas.

Como conclusión, se destacan los campos prometedores como la ecología vial, a regulación ambiental y planificación vial entorno a la GABC en contexto global. Mientras que, en Latinoamérica el desarrollo investigativo en este tema es incipiente, al estar enfocado en temáticas ecológicas, del paisaje y la evaluación de impacto ambiental. Dejando temáticas relevantes como la biodiversidad, la gestión ambiental y la sostenibilidad sin una integración clara en los estudios. Para el caso de la ruta 5501 de Colombia, las áreas que corresponden a los BC de esta vía han sido intervenidas por diferentes actividades antrópicas que no permiten una adecuada gestión sobre estos territorios, pues no se proyecta un desarrollo sostenible que

reconozca los procesos de urbanización, crecimiento poblacional e intervenciones en ecosistemas estratégicos.

## 2. Método

Dentro de alcance del proyecto de investigación se detalla el análisis de la gestión ambiental en bordes de carreteras primarias de doble calzada en Colombia. Sin embargo, como estrategia metodológica de investigación científica se plantea un estudio particular como herramienta de valor, beneficio y utilidad práctica logrando fiabilidad y validez científica asociada a algún método cuantitativo (Martínez Carazo, 2006). De esta manera, se selecciona la Ruta 5501 de la concesión ANI.

### 2.1. Fase 1: Diagnóstico de la GABC en vías primarias de Colombia.

El método en esta fase se basa; inicialmente en la búsqueda sistemática de información bibliográfica teniendo en cuenta los parámetros descritos en la tabla 1 para realizar un análisis bibliométrico utilizando el software de uso libre VOSviewer.

*Tabla 1. Parámetros de búsqueda y análisis de literatura.*

Etapa	Descripción
<b>Parámetros de revisión de literatura:</b>	<b>a. Tipo de documentos que deben ser incluidos:</b> Reportes de investigación, libros, artículos en revistas indexadas, memorias de disertaciones doctorales y de maestría, de pregrado y guías sobre la gestión ambiental en áreas verdes en zona de derecho de vía.
<b>Parámetros de revisión de literatura:</b>	<b>b. Palabras clave y expresión Booleana:</b> Roadside, roadedge, roadverge, barrier effect, edge effect, road ecology, environmental management. ( TITLE-ABS-KEY ( roadside ) OR TITLE-ABS-KEY ( roadverge ) OR TITLE-ABS-KEY ( roadedge ) OR TITLE-ABS-KEY ( "road side" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "road verge" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "road edge" ) AND TITLE-ABS-KEY ( environmental AND management ) AND TITLE-ABS-KEY ( sustainable AND management ) OR TITLE-ABS-KEY ( barrier AND effect ) OR TITLE-ABS-KEY ( edge AND effect ) OR TITLE-ABS-KEY ( roads AND ecology ) ) AND PUBYEAR > 2008 AND PUBYEAR < 2019
	<b>c. Fuentes de información:</b> SCOPUS.
	<b>d. Periodo en el cual se realizó la búsqueda: Año de publicación: 2009 - 2018.</b>
<b>Análisis bibliométrico</b>	<b>e. Tipo análisis:</b> Contexto internacional y contexto regional.
	<b>f. Software:</b> VOSviewer.
	<b>g. Producto:</b> Grafos bibliométricos.

Fuente: Autores (2019) basado en Bautista et al. 2018.

Seguidamente se determina la extensión y cobertura de las áreas dedicadas a bordes de carretera, a través del análisis de información geoespacial (ver tabla 2) y de la normativa colombiana establecida para las fajas de retiro de acuerdo a la clasificación vial (ver tabla 3), utilizando el Sistema de Información Geográfica ArcGIS.

*Tabla 2. Información geográfica disponible de la red vial y cobertura vegetal de Colombia.*

<b>Entidad</b>	<b>Tipo información</b>	<b>Escala</b>	<b>Buffer (m)</b>
INVIAS	Vías - Red nacional de carreteras (2007).	1: 10000	30
IGAC	Cobertura vegetal	1:10000	30
DANE	División política y administrativa de Colombia (2019).	1: 10000	N/A.

Fuente: Autores (2019) basado en portal de datos abiertos del INVIAS, IGAC y DANE.

*Tabla 3. Fajas de retiro establecidas para la red vial de Colombia.*

<b>Categoría de carreteras</b>	<b>Faja de retiro (mitad a cada lado)</b>
Primer orden	60 metros
Segundo orden	45 metros
Tercer orden	30 metros

Fuente: Gobierno nacional y Ministerio de transporte – Decreto 2976 de 2010.

## **2.2. Fase 2. Identificación de impactos ambientales.**

Consulta de términos de referencia para la elaboración del diagnóstico ambiental de alternativas de proyectos lineales otorgados por parte de la autoridad ambiental como soporte para el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). A través de una matriz Conesa, diagramas causales o similares.

## **2.3. Fase 3: Valoración económica de servicios ecosistémicos.**

En esta fase, se identifican los servicios ecosistémicos potenciales que pueden proveer los espacios vegetalizados en los BC. Su respectiva valoración se realiza a través de una metodología como lo es la valoración Contingente (MVC).

# **3. Avances de resultados Fase 1**

## **3.1. Análisis bibliométrico**

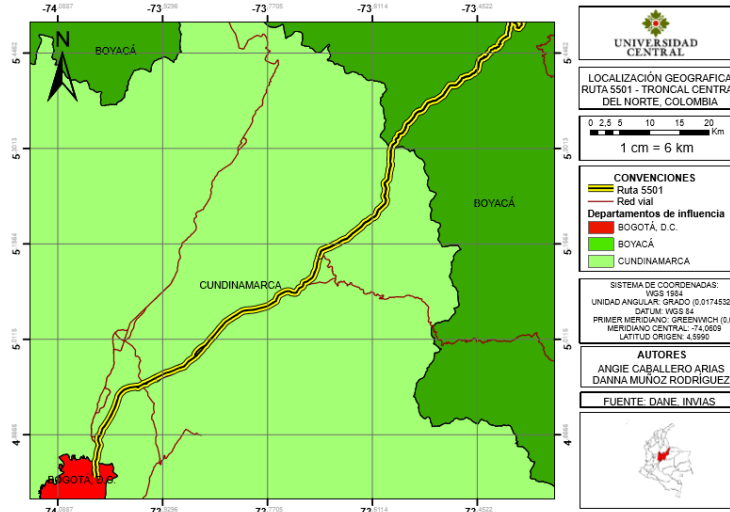
La visualización gráfica de las publicaciones científicas permite comprender el entorno en el cual se desarrollan estos datos y las relaciones entre las palabras clave. En la búsqueda se obtuvieron 82 documentos, se procesaron las palabras clave de cada uno en VOSviewer, teniendo como resultado el grafo que se aprecia en la figura 1. Cuántas más investigaciones involucren la palabra clave, más grande es su nodo (círculo). Cada nodo se identifica con un color según sea su relación con un clúster, en este caso se visualizan 4 clústers y sus relaciones con otros ejes temáticos.



### 3.2. Extensión y cobertura de la ruta 5501 (Bogotá - Tunja).

La ruta definida como caso de estudio para el desarrollo de este trabajo se localiza a lo largo de dos departamentos colombianos (figura 3).

Figura 3. Localización geográfica de la ruta 5501 – Troncal central norte de Colombia.

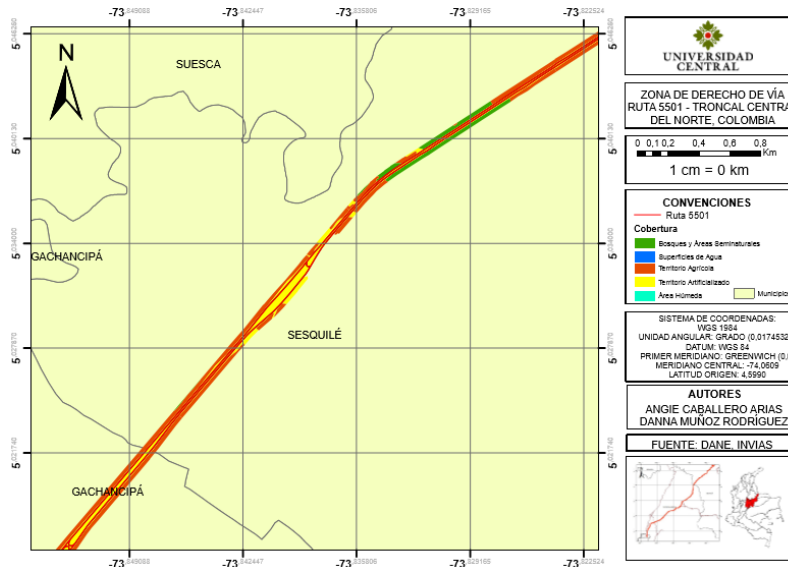


Fuente: Autores (2019).

La ruta 5501 hace parte de uno de los seis tramos de la ruta nacional 55, la cual inicia en Bogotá (sobre la carrera séptima con calle 236) y finaliza en el puente internacional en la frontera con Venezuela, y se denomina la Troncal Central del Norte, según el Decreto 1735 de 2001, ya que fue planeada para cubrir el trayecto entre Bogotá y Puerto Santander. Por otra parte, la ruta 5501, inicia en Bogotá y finaliza en Tunja, atravesando el departamento de Cundinamarca y el departamento de Boyacá como se observa en la figura 1. La carretera corresponde a la categoría vial de primer orden con una longitud de 119,2 km en doble calzada.



Figura 4. Cobertura vegetal en zona de derecho de vía en la ruta 5501 – Troncal central de norte de Colombia.



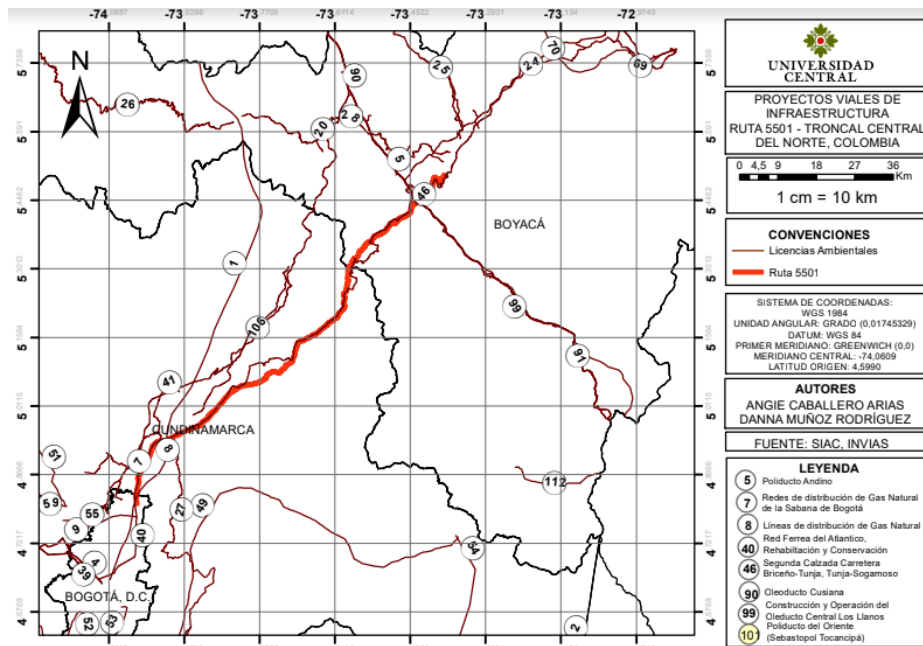
Fuente: Autores (2019).

La cobertura de mayor proporción dentro del área total de tramo corresponde al Territorio Artificializado corresponde a las zonas urbanizadas con un 46,61%, es decir, construcciones rurales, instalaciones recreativas, zonas de extracción minera, zona de disposición de residuos, zonas comerciales o industriales, red vial, ferroviaria o terrenos asociados, tejido urbano discontinuo o continuo, zonas verdes artificializadas y obras hidráulicas.

El 38,87% corresponde al Territorio Agrícola, incluyendo, pastos, cultivos transitorios, permanentes, áreas agrícolas heterogéneas como mosaicos de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos enmalezados, tubérculos y hortalizas. Los Bosques y Áreas Seminaturnales hacen referencia a los bosques, áreas con sin o con poca vegetación, herbácea o no, tales como, arbustales, bosques de galería y/o ripario, tierras desnudas o degradadas, plantaciones forestales, herbazales y vegetación secundaria o en transición, Las de menor proporción corresponden a áreas húmedas representa el 0,23% sobre el área total del tramo de la ruta, haciendo referencia a las áreas húmedas continentales como humedales y zonas pantanosas y finalmente el 0,94% que corresponde a las Superficies de Agua, siendo estas aguas continentales como ríos, caños, quebradas, canales, vallados, acequias y otros cuerpos de agua artificial.



Figura 5. Proyectos viales infraestructura entorno a la ruta 5501 – Troncal central del norte de Colombia.



Fuente: Autores (2019).

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) a través de la Subdirección de Instrumentos, Trámites y Permisos Ambientales, declaran proyectos en ejecución y/o nuevos, otorgados en el sector de Infraestructura para el área de influencia, tales como, El poliducto Andino, Redes de distribución de Gas Natural de 5 Municipios que hacen parte de la Sabana de Bogotá, Líneas de Distribución de Gas Natural, Red Férrea del Atlántico, Rehabilitación y Conservación, La Segunda Calzada Briceño-Tunja, Tunja – Sogamoso, El Oleoducto Cusiana, Construcción y Operación del Oleoducto Central de los Llanos y por último el Poliducto del Oriente (Sebastopol Tocancipá). Esto resulta importante para establecer áreas verdes de la zona de derecho de vía con mayor vulnerabilidad a eventos ecológicos y sociales, de manera que permita definir variables de aspectos e impactos, riesgos y otras valoraciones que son importantes para alimentar respuestas a la pregunta de investigación.

#### 4. Conclusiones

La agenda de investigación que se trabaja en los últimos años a nivel internacional se da en relación con la conservación de la biodiversidad, el monitoreo ambiental ligado a la ecología de vías, la regulación ambiental y la planificación vial. Mientras que, en la región de Latinoamérica y el Caribe, el desarrollo investigativo en el tema de gestión ambiental en bordes de carretera aún es incipiente, porque se enfoca en temáticas ecológicas, del paisaje, la evaluación del impacto ambiental y la planificación de vías. Dejando temáticas relevantes como la biodiversidad, la gestión ambiental y la sostenibilidad sin una integración clara en los estudios.

Las áreas verdes en zonas de derecho de vía de la ruta 5501 han sido intervenidas en su gran mayoría por diferentes actividades antrópicas que no permite gestionar adecuadamente estos territorios.

Teniendo en cuenta la creciente demanda de construcción de proyectos de infraestructura vial dado su impacto económico para el país como su propio desarrollo, aumento de redes de comunicación en transporte terrestre, incremento de comercio nacional e internacional, entre otros; resulta ser lógico evidenciar el incremento de procesos de transformación ecológica y social, ya que son sistemas lineales que se encuentran estrechamente ligados a los bordes de carretera y su rol medioambiental o efectos generados debido al impacto sobre seguridad vial, desarrollo rural, atractivo de territorios, generación de valor local y preservación de la biodiversidad.

Los proyectos de infraestructura vial deben apostarle a un desarrollo sostenible que reconozca los procesos de urbanización y crecimiento poblacional como actividades de intervención antrópica con obligatoriedad de control sobre la disminución o mitigación de impactos negativos y potencialización de los impactos positivos, de manera tal que se garantice la seguridad alimentaria y calidad ambiental.

## **5. Referencias bibliográficas**

- Abdoumouleh, Z., Alammari, R., & Gastli, A. (2015). Recommendations on Renewable Energy Policies for the GCC Countries. . *Renewable & Sustainable Energy Reviews.*, 50, 1181 - 1191.
- Bautista, S., Camargo, M., Morel, L., & Bachman, C. (2018). Sustainable management of roadside: Towards a research agenda. In *2018 International Conference Engineering. Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, (pp. 1-9). IEEE.
- Coffin, A. W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15(5), 396–406.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006>
- Colombia, C. y. (2010, agosto 6). *Secretaría Jurídica Distrital*. Récupéré sur Decreto 2976 de 2010: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4013>
- Congreso de la República Colombiana. (2008, Julio 16). *Secretaría del senado*. Récupéré sur Ley 1228 de 2008:  
[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1228\\_2008.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1228_2008.html)
- DNP, 2018. Departamento Nacional de Planeación: Récupéré sur CONPES 3760 de 2013:<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3760.pdf>
- Korzhenevych, A., Dehnen, N., Bröcker, J., Holtkamp, M., Meier, H., Gibson, G., ... Cox, V. (2014). Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final Report, (1), 139.  
<https://doi.org/Ref: ED 57769 - Issue Number 1>
- Martínez Carazo, P. (2006). *El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica*. . Barranquilla, Colombia: Pensamiento y Gestión, Universidad del Norte.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la  
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)