

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Características de seguridad para un buen diseño geométrico de carreteras:
Una revisión literaria**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Jorge Javier Granda Granadino

ASESOR

Carlos Rafael Tafur Jimenez

<https://orcid.org/0000-0003-0119-8234>

Chiclayo, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

19%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.hindawi.com Fuente de Internet	3%
2	downloads.hindawi.com Fuente de Internet	1%
3	Hong Zhang, Min Zhang, Chi Zhang, Lei Hou. "Formulating a GIS-based geometric design quality assessment model for Mountain highways", Accident Analysis & Prevention, 2021 Publicación	1%
4	www.mdpi.com Fuente de Internet	1%
5	biblio.ugent.be Fuente de Internet	1%
6	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
7	www.scielo.org.co Fuente de Internet	1%

Índice

Resumen	4
Abstract	5
Introducción	6
Metodología	7
Tipo de investigación	8
Criterios de exclusión.....	8
Criterios de inclusión	8
Resultados y discusiones.....	9
Análisis y descripciones de diseño.....	9
Diseños propuestos.....	10
Modelamientos innovadores	10
Comparaciones de modelamientos.....	11
Pautas de seguridad	12
Conclusiones	13
Recomendaciones.....	15
Referencias	16
Anexos.....	20

Resumen

Los diseños geométricos de carreteras se ha convertido en un impacto que llama la atención para la comunicación de pueblos, ciudades y países. Lo cual conlleva a un desarrollo económico para la misma, pero por distintos factores que se presentan en la carretera, esta puede no tener una seguridad vial adecuada y da como resultados a accidentes dentro o fuera de la misma vía. Es por ello que este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura acerca de las principales características de seguridad para un buen diseño geométrico de carreteras. Las características que mayor afectan en este ámbito de la construcción vial e infraestructura para una mayor seguridad y confort son: el ancho del carril, curva horizontal, vehículo que transita por la carretera, distracción del conductor, topografía y geología del terreno, entre otros más. Se hace mención que en esta investigación se revisaron 35 artículos indexados por distintas bases de datos como: Proquest, Scielo, SienceDirect y Scopus, las cuales se tomó en cuenta en un intervalo de los cinco últimos años, con la finalidad de hacer un artículo de revisión sistemático. Por último, se evidencia la pertinencia de continuar investigando sobre esta temática que posee retos científicos de alta relevancia, los cuales ameritan la mayor atención por el problema de seguridad significativo asociado al diseño geométrico de carreteras y al transporte vial.

Palabras clave: Diseño; carretera; vehículo; seguridad.

Abstract

The geometric designs of roads have become an impact that attracts attention for the communication of towns, cities and countries. Which leads to economic development for it, but due to different factors that occur on the road, it may not have adequate road safety and results in accidents inside or outside the same road. That is why this article presents a systematic review of the literature on the main safety features for a good geometric design of highways. The characteristics that most affect this area of road construction and infrastructure for greater safety and comfort are: lane width, horizontal curve, vehicle traveling on the road, driver distraction, topography and geology of the terrain, among others. It is mentioned that in this investigation 35 articles were reviewed indexed by different databases such as: Proquest, Scielo, ScienceDirect and Scopus, which were taken into account in an interval of the last five years, with the purpose of making an article of systematic review. Finally, the relevance of continuing research on this subject is evidenced, which has highly relevant scientific challenges, which deserve the greatest attention due to the significant safety problem associated with the geometric design of highways and road transport.

Keywords: Design; road; vehicle; safety.

Introducción

El diseño geométrico de una carretera es de vital importancia porque va a solventar el desarrollo económico de los habitantes ya sea a nivel nacional o internacional para la comunicación entre pueblos, ciudades y países. De igual manera un progreso social tanto en educación, salud y trabajo. El mal diseño de una carretera en cuanto a sus características geométricas conlleva a un mayor riesgo vehicular.

Las carreteras tienen un importante papel en la economía de un país, especialmente en zonas montañosas. De hecho, este diseño vial para una carretera en esta zona es un tanto complejo de acuerdo a las condiciones topográficas y geológicas. Desde el punto de vista de seguridad, también es importante que el diseño sea capaz de identificar razonablemente los defectos en el diseño geométrico de la carretera y las zonas muertas donde pueden ocurrir accidentes [1].

En la actualidad cuando se diseñan secciones longitudinales para carreteras en terrenos montañosos y ondulados es recomendable ir siguiendo las pendientes que existen para economizar los costos de excavación. Por lo que el único criterio que se tiene en cuenta es el costo inicial en la etapa de diseño. Considerablemente también es mejor considerar distintos criterios directamente relacionados con las emisiones de CO₂, el consumo de combustible y la sostenibilidad [2].

Para mejorar una red vial es necesario identificar los segmentos problemáticos viales ya que hay riesgo de que exista alguna probabilidad de un accidente vehicular es por ello que se recomienda ejecutar un programa de seguridad vial [3].

Implementar medidas normativas para mejorar la seguridad personal (ciclistas, peatones, sillas de ruedas, patines, monopatines) y la seguridad vial, así como de los pasajeros que utilizan el transporte público y priorizando las medidas de reducción de riesgos para estos usuarios que en carreteras son más vulnerables [4].

Año tras año en el transporte vial los camiones no han dejado de crecer constantemente y dando seguridad vial a estos, es importante centrarse en reducir la visibilidad que causa el vehículo en espacios muy cortos en las curvas, y causa en las carreteras y autopistas un problema de seguridad [5].

Uno de los principales objetivos es la seguridad en el diseño geométrico de carreteras. En cambio, las características de un diseño definido no dan suficiente información en cuanto al riesgo asociado con el resultado previsto del proyecto [6].

El conocimiento de la carretera por parte del conductor es un factor que tiene relación con la seguridad. Estos mismos pueden ser expuestos a comportamientos peligrosos y falta de

atención, mientras que los conductores desconocidos pueden estar expuestos a condiciones de la carretera duras e inesperadas. Aunque, la relación entre los problemas de seguridad de las características de diseño de la carretera y la falta de familiaridad del conductor está en gran parte inexplorada y faltan estudios específicos experimentales [7].

En el entorno vial inseguro y desafiante que representan para los conductores de la carretera, las intersecciones son partes peligrosas en una vía. Para mejorar la seguridad, ha habido mucho interés en desarrollar modelos estadísticos para predecir y explicar las colisiones en las intersecciones. Elegir la forma correcta de modelo estadístico es muy importante para estimar con precisión la frecuencia de accidentes e identificar correctamente los factores que contribuyen a la ocurrencia de accidentes [8].

Las curvas H (curvas horizontales) de la carretera crean una transición favorable entre dos líneas tangentes lo cual va a permitir que los vehículos puedan ajustar su dirección de viaje gradualmente. Aunque, en la carretera los cambios de geometría en curvas horizontales frecuentemente causan problemas de seguridad [9].

Los accidentes que se originan fuera de la carretera es un problema grave en todo el mundo, ya que causan una tasa muy alta de muertes en carreteras. En las indagaciones acerca de seguridad, los análisis suelen realizarse a nivel macro asociando variables independientes con la frecuencia/gravedad de los accidentes [10]. Las principales causas de accidentes fuera de la carretera son: las superficies mojadas, distracción y el exceso de velocidad. Los sitios con un historial consistente de accidentes fuera de la carretera experimentan con frecuencia problemas de seguridad, entre estas tenemos: insuficiente longitud de frenado, coordinación de arco lateral inadecuada y velocidades de operación esperadas equivalentes o mayores que la tasa de diseño esperada [11].

Metodología

Para la recolección de la información se buscaron investigaciones cuyo motivo de realización fue la de analizar las características geométricas que se presentan sobre lo que se conoce como el diseño geométrico de carreteras. Para tal resultado se utilizaron bibliotecas virtuales como fuentes de búsqueda, entre las usadas para la realización de este artículo de revisión, se encuentran motores de búsqueda como: Proquest, Scielo, SienceDirect y Scopus, en los cuales se aplicó como táctica de búsqueda, las palabras clave: “diseño geométrico de carreteras”.

Así mismo se aplicó el filtrado de los resultados, en los que se consideró la opción de artículos para un mejor entendimiento.

Con el filtrado de búsqueda que se realizó, se registró un total de 35 artículos de los distintos artículos que hablan sobre el diseño geométrico de carreteras. Para la elaboración de este artículo se elaboró y se extrajo lo más relevante en términos de opiniones, resultados y conclusiones de los distintos autores.

En la tabla 1 se observa la cantidad de artículos de acuerdo al año de publicación y a su base de datos. De tal manera en la tabla 2 se muestra el filtro que se aplicó y el número de resultados de búsqueda de documentos (Ver en Anexos).

Tipo de investigación

La presente investigación es una revisión literaria sistemática científica porque se efectuó una revisión de artículos sobre el tema a investigar, con el objetivo de reducir dicha información y poder analizar y comparar sus resultados para poder llegar a soluciones que incluyan dichas investigaciones.

Según Reyes B. [12], define a un artículo de revisión como un análisis de compilación ya publicada sobre un tema que se desea investigar y además interesante para el público general o especializado. Sus lectores esperan encontrar veracidad científica, amplitud de las fuentes revisadas, experiencia de los autores en el tema abordado y recomendaciones apropiadas para el medio en que serán aplicadas. De igual manera, también es considerado una forma de artículo científico que, sin pretender ser original, tiene como formato reunir información más significativa sobre un tema en particular

Criterios de exclusión

Para realizar el estudio de los artículos de investigación se ha tomado en cuenta un intervalo de años, en nuestro caso estamos revisando que sean de los últimos 5 años, porque nuestra investigación tiene como búsqueda características del diseño geométrico de carreteras.

Criterios de inclusión

Hemos tomado en cuenta los métodos que se han utilizado de tal manera se filtró la información por aquellas que estuvieran en idioma español, inglés, chino e indefinido, se consideraron las investigaciones nacionales e internacionales.

Resultados y discusiones

Haciendo un estudio sistemático de todos los artículos, se logra comprender los siguientes resultados ya obtenidos por los por los autores correspondientes plasmados cada uno en su artículo, hechas sobre las características de seguridad para un buen diseño geométrico de carreteras:

Análisis y descripciones de diseño

Los estudios de casos han demostrado que mejorar la calidad del diseño geométrico puede mejorar significativamente la seguridad en las carreteras de montaña. También se ha encontrado que la presencia de túneles, pendientes pronunciadas y cambios rápidos en la orientación vertical y horizontal pueden deteriorar significativamente la calidad del diseño geométrico (GDQ), por lo que la configuración de estos parámetros merece mayor estudio. Finalmente, el estudio aporta información importante sobre localización, diseño de sistemas inteligentes de tráfico, sistemas de prevención de accidentes, gestión de la seguridad vial y mapeo de tramos viales de alto riesgo [1].

Los hallazgos muestran la posibilidad de utilizar la herramienta desarrollada para analizar y recopilar datos a gran escala sobre el impacto en la seguridad de las propiedades geométricas de la fuerza del tráfico, el cambio de elevación, la curva horizontal y otros factores. De la misma manera brindan información para mejorar en la recopilación de datos en la evaluación de la seguridad y de la curva horizontal [9].

Examina una base de datos de accidentes de solo un vehículo fuera de la red vial en zonas rurales de dos carriles en Noruega. Las variables de la geometría de la carretera se recopilan en el tramo de carretera antes del lugar del accidente para proporcionar un indicador de la consistencia del diseño del tramo de carretera. Los resultados del análisis confirmaron que la familiaridad es un factor asociado con comportamientos potencialmente riesgosos, como el exceso de velocidad en condiciones viales difíciles. Además, se presentan sugerencias a los profesionales que pueden ser útiles para el diseño de carreteras. En particular, esto se aplica al ajuste del siguiente radio de curva y la coordinación de los radios de curva vertical y horizontal [7].

En general, la velocidad del punto se ve de modo relevante afectada por el tamaño geométrico de los picos de velocidad y la distancia entre ellos. Se puede usar las líneas de regresión desarrolladas para las dimensiones geométricas de cada posición propuesta [13].

Diseños propuestos

Existen esquemas de intersección de diseño según el enfoque de nuevo diseño, por lo que es importante ordenar y pensar el diseño y la planificación de las intersecciones a nivel del diseño de control de gestión junto al diseño ingenieril [14].

En un diseño geométrico novedoso de carreteras inteligentes, hay que tener en cuenta ahora criterios sobre el rendimiento de vehículos automatizados, autónomos y conectados. Se llevo a cabo en Italia en una carretera inteligente para el análisis del caso [15].

En particular, el estudio identificó nuevas geometrías para su uso en el diseño/renovación de curvas pronunciadas cuando es necesario garantizar que un autobús de 12 m y un vehículo que se aproxima ingresen a la curva al mismo tiempo. Este método propuesto es una metodología operativa general aplicable a cualquier contexto internacional identificado [16]. Un punto a tener en cuenta también es la emisión de CO₂ que genera el diseño de carreteras por causa de los vehículos [17]. Con una metodología novedosa el uso sistemático nos da pautas para desarrollar una reducción en los errores de diseño y conducir con un menor tiempo de duración para los vehículos [18].

Modelamientos innovadores

Se describió un proceso de diseño propuesto, que comienza explorando diferentes niveles de posibles alternativas. Se uso una micro simulación de tráfico que proporcionara estimaciones fiables en consumo de combustible, emisiones de CO₂ y tiempos de viaje para aparentar el movimiento predicho de los vehículos de acuerdo a su tipo y volumen en diferentes variaciones. Con los datos que se pueden obtener es posible usar herramientas de ayuda a la decisión de criterios múltiples y de análisis de costos para el ciclo de vida de la carretera y poder elegir la óptima solución. La propuesta se realizó en una carretera de 6 km de tramo con pendientes sugeridas entre el 2% y el 8% [2].

El modelo geométrico proporciona una distancia de visibilidad de frenado (SSD) y visibilidad disponible para vehículos que pasan por un pelotón de camiones en una curva. El resultado obtenido es que para un SSD seguro, el radio de curvatura mínima dependerá del pelotón de camiones, ancho del carril, radio, posición relativa y que solo se implementará en carreteras que tengan entre 2500 y 2750 m de radio en la curva [5].

Para garantizar un nivel constante de seguridad, el modelo de diseño se calibró empleando una plataforma fundamentada en la confiabilidad, para ajustar la indecisión con las variables del modelo. Es por ello que se proporcionó un método donde se pueda comparar, verificar y

diseñar las curvas verticales, evaluando el nivel de riesgo con la probabilidad de incumplimiento (Pnc) [6].

El método para optimizar la sección longitudinal de la carretera en términos de consumo de energía (GWP) deducido para los ciclos de operación y construcción. El ciclo de construcción, está fundamentado en una simulación de movimiento de tierras en donde se calcula la sección longitudinal de la vía y las diferencias geométricas entre el terreno usando datos ambientales confirmados por experimentos económicos reales. El período operativo se estima en un periodo de 10 años sobre la base de simulaciones de tráfico. Considerando los datos del tráfico real, el perfil optimo reduce el consumo total de energía primaria en un 6% y GWP en un 8% [19].

El modelo binomial negativo estima las funciones de desempeño de seguridad vial. Se encontró que la geometría, volumen del tránsito y la exposición según datos cuantitativos son importantes para determinar la tasa de accidentes esperada para daños totales y fatales/traumáticos [20].

Hoy en día existen tecnologías innovadoras actuales, como los sistemas orientados en radares armónico, tacómetros electrónicos y vehículos autónomos para abordar los problemas de seguridad en toda la carretera [21]. El modelo logit ordenado para enfatizar las variables es usado para identificar choques de tráfico en las barreras laterales, el cual nos menciona que la altura entre 29 y 31 pulgadas reduce riesgos en el choque de vehículos en las carreteras [22].

En el análisis de accidentes se emplea un modelo de predicción de acuerdo a métodos estadísticos que evaluaran la geometría de la carretera, correcciones administrativas y sobre todo la identificación de manera accesible de los puntos negros [23].

Comparaciones de modelamientos

En la comparación que se infirió nos proporcionó un marco comparativo en donde pueda apoyar la evaluación del modelado de frecuencia de accidentes. Se utilizaron y se compararon seis modelos lineales para el mejor desempeño apropiado. El modelo denominado obstáculo binomial negativo fue el que mejor se desempeñó entre todos [3].

Existen tres formas funcionales diferentes del modelo: modelo de desarrollo en base al desempeño de seguridad (SPF), Poisson general (GP) y binomial negativo (1-NB, 2-NB y P-NB) dependiendo de la gravedad del choque para intersecciones reguladas y no controladas. Los ajustados modelos muestran que el volumen de tráfico y otras variables vinculadas con la geometría de diseño y la infraestructura vial interviene considerablemente

en las intersecciones con la frecuencia de accidentes. Los resultados muestran el potencial para mejorar la precisión de las estimaciones de SPF para intercambios urbanos mediante el uso de modelos P-NB y GP [8].

El propósito es aplicar y comparar las metodologías establecidas en cada una para medir y calcular la distancia de visibilidad de adelantamiento requerido que existen ya en los planos. Al comparar nos indica donde se es permitido el adelantamiento en los tramos, para marcar el eje de la vía [24].

Pautas de seguridad

Generalmente, los resultados destacan el diseño de la seguridad en la carretera y la eficacia de la evaluación basados en la realización que proporciona una vía segura en infraestructura rentable y eficiente [25]. Cuando hablamos de seguridad de la vía, primero se tiene que hacer un mejoramiento en la geometría de diseño y con ello minimizar la gravedad e inclusive también la frecuencia de los accidentes de tráfico [26]. También existen problemas en túneles de carreteras relevantes al diseño geométrico, que pueden ser útiles para profesionales que enfrentan estos problemas [27].

Se han realizado algunas recomendaciones prácticas para mantener y gestionar la seguridad vial a través de indicadores específicos y medidas correctoras (relacionadas con la fricción, velocidad y la percepción) [10]. Asimismo, también se adoptó muchos sistemas de barreras de tráfico, que juega un papel importante en los accidentes viales como por ejemplo las barreras de cable que absorbe el impacto de colisión del vehículo [28]

En caminos rurales de sentido doble identificadas se pueden convertir en carreteras 2+1 para reducir el riesgo de colisión frontal, mejorando la seguridad vial y evitando posibles lesiones [29].

Se muestran que la distancia de visibilidad de intersecciones (ISD) está linealmente relacionado con la frecuencia esperada de accidentes. La sensibilidad de los impactos de objetivo esperados a los cambios de ISD es menor cuando el ISD aumenta (hasta 1300 pies) y mayor cuando el ISD es demasiado corto. De la misma manera la frecuencia de choques varía según el volumen de tráfico diario promedio anual de doble sentido y el límite de velocidad en la carretera principal [30].

Existen 3 estilos de conducción las cuales son: cauteloso, agresivo y moderado. Estos estilos más una suma de un par de variables en base a la duración de la persona que conduce permanece por encima o cerca de la velocidad límite, la variación de aceleración en el

transcurso del giro y el agrupamiento muestra que es altamente dependiente de los valores de diseño [31].

En Costa Rica por primera vez, se propusieron modelos para predecir la velocidad de operación de caminos vecinales con características rurales en terreno plano. Se ha demostrado que las ecuaciones propuestas tienen menores errores de estimación que algunos de los modelos más utilizados en el mundo [32].

El mejor de los casos es un aumento del 2 % en la pendiente vertical, lo que resulta en una reducción del impacto en la relación de desmonte (SR) en un 4.5% y 1.08% para tanques verticales y horizontales. También se debe tener en cuenta que los cambios en SR son inversamente proporcionales a la suma de los cambios en el ángulo de inclinación [33].

Las investigaciones demostraron que la carga de trabajo, los índices de alineación, estabilidad del vehículo y la velocidad de operación son indicadores vinculados comunes que pueden afectar a la seguridad vial [34]. Así mismo hay estudios que demuestran que los accidentes discrepan según los tramos diferentes de cada camino y resulta accidentes más altos que otros [35].

Los parámetros de la condición geométrica de la vía son: ancho del arcén de la carretera, ancho de carril, distancia visual de adelantamiento y parada. Con eso en cuenta se analizaron las deficiencias de la infraestructura vial y realizó una evaluación de la seguridad vial en zonas rurales de alto riesgo [36].

Conclusiones

- En este trabajo se efectuó una revisión sobre las características de seguridad del diseño geométrico de carreteras, poniendo énfasis en un adecuado uso para un buen diseño geométrico de carreteras con fines de minimizar los accidentes dentro o fuera de la vía. Así pues, de acuerdo a las consultas de diferentes autores que han investigado sobre el tema con relación a la perspectiva de investigación, se concluye que la mayoría de estudios:
- Mejorando la calidad del diseño geométrico de una carretera generara una mejora en la seguridad vial. Algunas características que pueden dañar significativamente la calidad de diseño son: cambios rápidos en la orientación, inclinación de la pendiente como también los túneles.

- La utilización de herramientas en la recopilación y análisis de datos mejoraría en los impactos de seguridad de las propiedades geométricas, cambios de elevación, curva horizontal y otros factores.
- Un factor asociado con comportamientos potencialmente riesgosos, como el exceso de velocidad en condiciones viales difíciles es la familiaridad con estos temas
- La velocidad es otro punto a tener en cuenta de modo relevante ya que esta va a estar afectada por la distancia y velocidad de los picos del diseño geométrico de la carretera.
- Existe un método operativo general aplicable identificado para cualquier contexto. En un innovador diseño de carreteras también se debe de tener en cuenta vehículos automatizados y vehículos autónomos.
- En la parte ambiental a tener en consideración es la emisión de CO₂ que originan los vehículos al medio ambiente por el diseño de carreteras.
- El uso de simulaciones de tráfico de acuerdo a factores como emisiones de CO₂, consumo de combustible, tiempo, volumen y tipo. Ayuda en la toma de decisión de análisis de costos en cuanto a su ciclo de vida de la carretera.
- En el modelo binominal negativo es usado para el desempeño de seguridad vial. Con respecto a que un vehículo pase de manera segura por un grupo de camiones en una curva dependerá de la distancia de visibilidad de frenado y visibilidad disponible.
- Calcular y medir la distancia de visibilidad de adelantamiento es muy importante ya que se puede ubicar en el eje de la vía donde está permitido el adelantamiento para los vehículos y aumentar la seguridad de la carretera.
- Para mejorar la seguridad vial es importante y necesario mejorar lo que viene hacer el diseño geométrico de las carreteras para reducir la frecuencia de accidentes y gravedad de la misma.
- Las barreras de tráfico tienen una función importante en la carretera ya que van a absorber el impacto de colisión del vehículo para evitar muertes extremas en los conductores.
- En caminos rurales de sentido doble se puede mejorar su seguridad vial convirtiendo la carretera “2+1”, para así evitar posibles lesiones en conductores.
- Los indicadores que pueden afectar a la seguridad en una carretera son la carga de trabajo, índices de alineación, velocidad de operación y estabilidad del vehículo. Pero

también va a depender de los tramos de cada carretera y va a discrepar la tasa de accidentes uno que otro.

- Es de resaltar que el estudio hecho permitió evidenciar cómo se viene investigando en una temática con unos retos científicos de alta relevancia, pero que ameritan la mayor atención por el problema de seguridad asociado al diseño geométrico de carreteras.

Recomendaciones

- Definir el auditorio al cual está dirigido el artículo
- Definir una estructura ideal del artículo de revisión.
- La búsqueda de bibliografía debe ser obtenida de fuentes confiables.

Referencias

- [1] H. Zhang, M. Zhang, C. Zhang y L. Hou, «Formulating a GIS-based geometric design quality assessment model for Mountain highways,» *Accident Analysis and Prevention*, vol. 157, Julio 2021.
- [2] A. Loulizi, Y. Bichiou y H. Rakha, «Use of life cycle cost analysis and multiple criteria decision aid tools for designing road vertical profiles,» *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, n° 24, 1 Diciembre 2019.
- [3] K. Moataz Bellah Ben y Y. Dukgeun, «Generalized Linear Models to Identify the Impact of Road Geometric Design Features on Crash Frequency in Rural Roads,» *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 26, n° 3, pp. 1388-1395, Marzo 2022.
- [4] Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud, Plan de acción mundial sobre actividad física 2018-2030. Más personas activas para un mundo sano, 2019.
- [5] A. Garcia y D. Pastor Serrano, «Determination of minimum horizontal curve radius for safe stopping sight distance of vehicles overpassing truck platoons,» *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 37, n° 5, pp. 539-557, Abril 2022.
- [6] A. Rinaldi, C. De Santos Berbel, F. Bella y M. Castro, «Risk-Based Calibration of Road Sag Vertical Curve Design Guidelines on Undivided Highways,» *Journal of Transportation Engineering Part A: Systems*, vol. 147, n° 10, 1 Octubre 2021.
- [7] P. Intini, N. Berloco, P. Colonna, S. Ottersland Granås y E. Olaussen Ryeng, «Influence of Road Geometric Design Consistency on Familiar and Unfamiliar Drivers' Performances: Crash-Based Analysis,» *Transportation Research Record*, 2019.
- [8] M. W. Khattak, A. Pirdavani, P. De Winne, T. Brijs y H. De Backer, «Estimation of safety performance functions for urban intersections using various functional forms of the negative binomial regression model and a generalized Poisson regression model,» *Accident Analysis and Prevention*, vol. 151, Marzo 2021.
- [9] Q. Ma, H. Yang, Z. Wang, K. Xie y D. Yang, «Modeling crash risk of horizontal curves using large-scale auto-extracted roadway geometry data,» *Accident Analysis and Prevention*, vol. 144, n° 105669, Setiembre 2020.

- [10] P. Intini, N. Berloco, V. Ranieri y P. Colonna, «Geometric and operational features of horizontal curves with specific regard to skidding proneness,» *Infrastructures*, vol. 5, nº 1, 2020.
- [11] Federal Highway Administration. US Department of T, «Roadway Departure Safety,» [En línea]. Available: https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/. [Último acceso: 17 Octubre 2022].
- [12] H. Reyes B., «Artículos de Revisión,» *Revista médica de Chile*, vol. 148, nº 1, pp. 103-108, Enero 2020.
- [13] S. A. Shwaly, M. H. Zakaria y A. H. Al Ayaat, «Development of Ideal Hump Geometric Characteristics for Different Vehicle Types “Case Study” Urban Roads in Kafr El-Sheikh City (Egypt),» *Advances in Civil Engineering*, vol. 2018, p. 12, 2018.
- [14] H. Feng y H. Feng, «Some Thoughts on the Design for At-grade Intersections of Urban Road,» *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1650, nº 3, 2020.
- [15] M. Guerrieri, «Smart Roads Geometric Design Criteria and Capacity Estimation Based on AV and CAV Emerging Technologies. A Case Study in the Trans-European Transport Network,» *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, vol. 19, nº 2, pp. 429-440, 19 Abril 2021.
- [16] D. Ciampa y S. Olita, «Mountain Roads’ Geometric Design: Methodological Proposal for Hairpin Bend Design/Retrofitting,» *Infrastructures*, vol. 7, nº 9, p. 112, 26 Agosto 2022.
- [17] D. Llopis Castelló, A. M. Pérez Zuriaga, F. J. Camacho Torregrosa y A. García, «Impact of horizontal geometric design of two-lane rural roads on vehicle co2 emissions,» *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 59, pp. 46-57, Marzo 2018.
- [18] E. R. Robson, A. Agosti, S. Utili y D. Milledge, «A methodology for road cutting design guidelines based on field observations,» *Engineering Geology*, vol. 307, 20 Setiembre 2022.
- [19] P.-O. Vandanjon, E. Vinot, V. Cerezo, A. Coiret, M. Dauvergne y M. Bouteldja, «Longitudinal profile optimization for roads within an eco-design framework,» *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 67, pp. 642-658, Febrero 2019.

- [20] V. G. Valencia Alaix, B. Restrepo Betancur, C. Lizarazo Jimenez y R. A. Pineda Mendez, «Estimation of Safety Performance Functions (SPF) at signalized intersections in Medellín, Colombia,» *DYNA*, vol. 87, n° 214, Octubre 2020.
- [21] S. Kishwar y M. Hilal, «Scientific techniques and road safety: a critical and analytical study in Metropolitan cities of Pakistan,» *Journal of the Research Society of Pakistan*, vol. 59, n° 3, p. 90, Setiembre 2022.
- [22] A. Mehrara Molan, M. Moomen y K. Ksaibati, «Estimating the effect of geometric features of side traffic barriers on crash severity of interstate roads in Wyoming,» *Accident Analysis & Prevention*, vol. 144, Setiembre 2020.
- [23] A. Karimi y E. Kashi, «Investigating the effect of geometric parameters influencing safety promotion and accident reduction (Case study: Bojnurd-Golestan National Park road),» *Cogent Engineering*, vol. 5, n° 1, Junio 2018.
- [24] B. E. Pineda Uribe, «Aplicación de la distancia de visibilidad de adelantamiento en carreteras de dos carriles en Colombia,» *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 37, n° 2, p. Diciembre, 2019.
- [25] T. Alamirew Mulugeta, D. Tamene Adugna, S. Fokke y G. Alemayehu, «A Predictive Approach to Identify Geometrically Hazardous Road Segments and Evaluate the Relative Safety Effects of Design Alternatives,» *Sustainability*, vol. 14, n° 5, p. 3026, 4 Marzo 2022.
- [26] I. Md Hasibul, L. Teik Hua, H. Hamid y A. Azarkerdar, «Relationship of Accident Rates and Road Geometric Design,» *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, vol. 357, n° 1, 25 Noviembre 2019.
- [27] P. Colonna, N. Berloco, P. Intini y V. Ranieri, «Geometric Design Issues and Safety Analysis of Two-way Rural Road Tunnels,» *Transportation Research Procedia*, vol. 45, pp. 38-45, 2020.
- [28] L. Chuanhao, Z. Zheyi, T. Wei y H. Shujuan , «Optimization design of highway cable barriers based on collision safety consideration,» *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 62, n° 6, pp. 3507-3520, Diciembre 2020.
- [29] L. Cáceres, M. A. Fernández, A. Gordaliza y A. Molinero, «Detection of Geometric Risk Factors Affecting Head-On Collisions through Multiple Logistic Regression: Improving Two-Way Rural Road Design via 2+1 Road Adaptation,» *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, n° 12, p. 6598, 19 Junio 2021.

- [30] S. Himes, R. J. Porter y K. Eccles, «Safety Evaluation of Geometric Design Criteria: Intersection Sight Distance at Unsignalized Intersections,» *Transportation Research Record*, vol. 2672, n° 39, pp. 11-19, 1 Diciembre 2018.
- [31] C. D. Rosas López, C. A. Gaviria Mendoza y C. A. Calero Valenzuela, «Classification of Driver Behavior in Horizontal Curves of Two-Lane Rural Roads,» *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 30, n° 57, Setiembre 2021.
- [32] D. E. Delgado Martínez, L. Medina García, J. M. Ulate Zárate y R. A. García Depestre, «Modelos de velocidad de operación de carreteras rurales en terreno llano en Costa Rica,» *Enfoque UTE*, vol. 12, n° 2, Junio 2021.
- [33] D. A. G. Alegre, R. d. L. Peroni y E. d. R. Aquino, «The impact of haulroad geometric parameters on open pit mine strip ratio,» *REM - Revista Internacional de Ingeniería*, vol. 72, n° 1, pp. 25-31, Marzo 2019.
- [34] K. Al Sahili y D. Mohammed, «Modeling Geometric Design Consistency and Road Safety for Two-Lane Rural Highways in the West Bank, Palestine,» *The Arabian Journal for Science and Engineering. Section B, Engineering*, vol. 44, n° 5, pp. 4895-5909, 13 Abril 2019.
- [35] S. AlKheder, H. Al Gharabally, S. Al Mutairi y R. Al Mansour, «An Impact study of highway design on casualty and non-casualty traffic accidents,» *Injury*, vol. 53, n° 2, pp. 463-474, 5 Octubre 2021.
- [36] G. Sugiyanto, R. Suciningtyas, E. W. Indriyati, Yanto, B. Mulyono y M. Y. Santi, «Road Infrastructure Deficiency and Road Safety Audit at Black Spot Area in Rural Road,» *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, vol. 1000, n° 1, p. 012031, 21 Abril 2022.

Anexos

Tabla 1: Distribución de artículos de acuerdo a la base de datos y año que se publicaron

Database	Year of publication					Total
	2018	2019	2020	2021	2022	
Scielo	0	2	1	2	0	5
Scopus	1	3	2	3	2	11
Proquest	2	3	2	2	5	14
ScienceDirect	1	0	2	1	1	5

Tabla 2: Selección de artículos y criterios de búsqueda que se usó en la investigación

Database	Search year	Keywords	Number of document search results	Applied Filters		New search results	Selected Articles
				Thematic area	Others		
Scielo	2018-2022	geometric road design	17	Engineering	Article	8	5
Scopus	2018-2022	geometric road design	440	Engineering	Article	79	11
Proquest	2018-2022	geometric road design	77,267	Engineering	Article	17,768	14
ScienceDirect	2018-2022	geometric road design	66,777	Engineering	Article	21,668	5