

ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL A NIVEL DE DISEÑO A LA “CONCESIÓN
CARTAGENA – BARRANQUILLA Y CIRCUNVALAR DE LA PROSPERIDAD” EN
LAS UNIDADES FUNCIONALES UNO Y DOS.



**BRENDA MICHELLE RIOS VIAÑA
ISAMAR SIERRA RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA D. T. Y C.**

2017

**ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL A NIVEL DE DISEÑO A LA “CONCESIÓN
CARTAGENA – BARRANQUILLAY CIRCUNVALAR DE LA PROSPERIDAD”
EN LAS UNIDADES FUNCIONALES UNO Y DOS.**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOTECNIA, MATERIALES, VIAS Y
TRANSITO (GEOMAVIT)**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSITO Y TRANSPORTE

INVESTIGADORES

**BRENDA MICHELLE RIOS VIAÑA
ISAMAR SIERRA RODRIGUEZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Civil**

DIRECTORA

Msc. PATRICIA ISABEL GARCES DEL CASTILLO



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D. T. y C**

2017

Primeramente, agradecerle a Dios por permitirnos culminar con éxito esta meta, por darnos la fortaleza y perseverancia para sobrepasar todos los obstáculos presentados en este camino.

A nuestras familias por brindarnos el apoyo e impulso a luchar por nuestros sueños, por siempre mostrarnos el mejor ejemplo y ser personas de bien.

A nuestra Alma mater que nos acogió durante 5 años de formación académica, para convertirnos en profesionales éticos preparados para enfrentar un sociedad con arduo cambio.

A nuestros docentes quienes fueron parte fundamental de nuestra formación, de quienes sentimos orgullo de haber sido formadas por profesionales sobresalientes, agradecemos su acompañamiento en todo este proceso. A todos los que fueron más que solo profesores, gracias maestros.

De manera muy especial, a nuestra directora Ingeniera Patricia Isabel Garcés del Castillo, por brindarnos su apoyo incondicional día y noche, por creer en nosotras y por su confianza depositada para llevar a cabo esta investigación.

Agradecemos finalmente a nuestros evaluadores, Ingenieros Ramón Torres Ortega y Raúl Castro Cabarcas por brindarnos su conocimiento, tiempo depositado y dirigirnos de la mejor manera a la mejora de esta Investigación.

Isamar y Brenda.

Ante todo agradecerle al creador de todas las cosas, Él que me ha dado la fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad y sinceridad de mi corazón dedico primeramente mi trabajo de grado a Dios.

A mis padres, Eduardo y Martha, quienes merecen el reconocimiento de mis estudios, por su arduo trabajo de formarme como profesional y persona de bien, con buenos sentimientos, hábitos y valores. Los que día y noche trabajaron para que nunca me faltara nada y yo pudiera lograr lo que ellos por situaciones de la vida no pudieron lograr, ser Profesional. Hoy quiero decirles que estoy a un solo paso de lograr su sueño de verme como toda una Ingeniera.

A mis dos ángeles en el cielo, mis abuelos quienes siempre me acompañan y están en mi corazón. Agradezco enormemente a mis dos abuelas, Paulina y Ofelia, por su guía espiritual.

A Andrés, porque desde que puedo recordar siempre creyó en mí aun cuando yo no lo hacía, por brindarme su amor, confianza y por impulsarme cada día a cumplir mis sueños. Por llegar a mi vida y regalarme montones de alegrías, por su tiempo y comprensión en todos los momentos que le dedique a mi carrera.

A mi tía Bere, por siempre ser mi apoyo incondicional, por ser mi guía y brindarme la mano cuando en momentos difíciles lo necesitaba y por todos los consejos que a lo largo de este camino me ayudaron a llegar a cumplir esta meta.

A mi tía Patricia y mi tío Juan Manuel, por ser siempre un ejemplo a seguir y brindarme sus consejos y enseñanzas.

Finalmente, dedicarle este logro a mi hermana Natalia y a mis primos Juan Pablo y Sergio, para que siempre tengan fe y perseverancia para cumplir sus sueños. Para que más adelante ustedes sean los próximos en convertirse en personas ejemplares de esta sociedad. Por ustedes siempre ha sido mi motivación para esforzarme por más.

Brenda Michelle Ríos Viaña.

Como siempre, primero que todo agradecer a ti Dios mío por estar conmigo, por ser mi escudo protector en esta batalla, por guiarme y brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

A ti, Mi hermosa virgen del Carmen gracias por siempre caminar de la mano conmigo, por ser ese refugio en los momentos de tormenta y ser mi compañera en los momentos de gloria.

A mis padres Álvaro y Nevis, gracias por todo el apoyo brindado, por los esfuerzos realizados para brindarme la oportunidad de estudiar una carrera, por cada uno de los valores inculcados, y sobre todo por ser un gran ejemplo a seguir. Gracias por siempre confiar en mí. ¡Papi, aquí tienes a tu ingeniera!

A mi hermana Cinthya, mi chimú, gracias por siempre estar ahí, por creer en mí, y por alentarme cada vez que estuve tentada a caer. Gracias hermanita menor. A cada uno de los miembros de mi familia, abuelos, tías, tíos, primas, sobrina, ahijadas, gracias por sus palabras de aliento, por todas sus oraciones y su increíble confianza en mí. Este triunfo también es para ustedes.

A ustedes mis amigas, Luisa, Ana, Daniela, gracias por siempre estar dispuestas a sacarme una sonrisa y por recordarme de lo mucho que soy capaz. A Paola y Mafe, gracias por los momentos vividos, por los trabajos realizados juntas y por todas las veces que a mí me explicaron. Hay amistad para largo. A tí, que desde el 2013 has estado conmigo, te doy mil gracias por el apoyo y el cariño brindado, por aguantarme, por tenerme paciencia y sobre todo porque siempre has estado ahí para mí. En mi corazón tienes un gran espacio ganado.

A mi alma mater, gracias por cada momento vivido y cada una de las amistades que me regalo, gracias por acogerme estos 5 años y enseñarme que todo lo que se quiere, se puede. Gracias por enseñarme a creer en mi misma.

Isamar Sierra Rodríguez

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| CONTENIDO..... | 6 |
| LISTA DE CUADROS | 9 |
| LISTA DE FIGURAS | 11 |
| RESUMEN..... | 14 |
| ABSTRACT | 15 |
| INTRODUCCIÒN..... | 16 |
| 1. MARCO DE REFERENCIA | 20 |
| 1.1 MARCO TEORICO | 20 |
| 1.1.1 Auditoria de seguridad vial..... | 20 |
| 1.1.2 Fases de una auditoria de seguridad vial | 20 |
| 1.1.3 Auditoria en fase de diseño. | 21 |
| 1.1.4 Consideraciones generales de seguridad vial | 22 |
| 1.1.4.1 Diseño geométrico..... | 22 |
| 1.1.4.2 Gestión de Transito | 22 |
| 1.1.5 Consideraciones generales de accidentalidad en una vía | 23 |
| 1.1.1.1 Frecuencia de Accidentes..... | 23 |
| 1.1.1.2 Frecuencia Media de Accidentes (<i>Frp</i>)..... | 23 |
| 1.1.1.3 Índice de Accidentes (<i>Rj</i>) | 24 |
| 1.1.1.4 Índice de Accidentes critico (<i>Rcj</i>)..... | 24 |
| 1.1.1.5 Puntos Negros | 25 |
| 1.2 ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES | 26 |
| 2. OBJETIVOS..... | 30 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL..... | 30 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS | 30 |
| 3. ALCANCE | 31 |
| 4. METODOLOGIA..... | 33 |
| 4.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN | 34 |
| 4.1.1 Revisión bibliográfica de Antecedentes, Estado de Arte y Casos de Estudio a nivel internacional, Nacional y Local..... | 34 |
| 4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN | 35 |
| 4.2.1 Análisis de Accidentalidad | 35 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.2.1.1 | Identificación de lugares de concentración de accidentes..... | 36 |
| 4.2.1.2 | Sectorización de tramos o poblaciones de referencia..... | 36 |
| 4.2.1.3 | Calculo de indicadores de accidentalidad por tramo y año. | 38 |
| 4.2.1.4 | Identificación de Lugares peligrosos y no peligrosos | 38 |
| 4.2.2 | Revisión, análisis y comparación de los parámetros de diseños para la verificación con respecto a la normativa vigente (especificaciones técnicas)..... | 39 |
| 5. | RESULTADOS | 44 |
| 5.1 | ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD | 44 |
| 5.1.1 | Sectorización de tramos e identificación de Zonas Homogéneas..... | 46 |
| 5.1.2 | Calculo de Indicadores de accidentalidad | 48 |
| 5.1.3 | Identificación de lugares peligrosos y no peligrosos..... | 55 |
| 5.2 | EVALUACION DE DISEÑO GEOMETRICO | 58 |
| 5.2.1 | Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 1 Club de Sub-Oficiales de Crespo | 61 |
| 5.2.2 | Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 2- Puente la Bocana..... | 66 |
| 5.2.3 | Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 3- Blas el Teso..... | 70 |
| 5.2.4 | Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 4- Hotel las Américas..... | 73 |
| 5.2.5 | Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 5- Zonas Hotelera y Turística..... | 77 |
| 5.2.6 | Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 6- La Boquilla..... | 81 |
| 5.2.7 | Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 7- Sector antes de los Puentes | 85 |
| 5.2.8 | Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 8- Puente Caño Luisa- Puente la Boquilla..... | 90 |
| 5.2.9 | Evaluación diseño geométrico de zona Puente el Cañón. | 94 |
| 5.2.10 | Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 10- Acceso a Tierra baja | 100 |
| 5.2.11 | Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 11- Sector Serena del Mar | 104 |
| 6. | LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES | 110 |
| 6.1 | LIMITACIONES | 110 |
| 6.2 | RECOMENDACIONES..... | 110 |
| 6.2.1 | Sector de estudio uno..... | 111 |

| | | |
|-------|------------------------------|-----|
| 6.2.2 | Sector de estudio dos | 117 |
| 6.2.3 | Sector de estudio tres | 120 |
| 7. | CONCLUSIONES | 122 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 125 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Caracterización de Sectores----- | 37 |
| Cuadro 2. Índices de accidentes a evaluar. ----- | 38 |
| Cuadro 3. Parámetros evaluados alineamiento horizontal.----- | 40 |
| Cuadro 4. Parámetros evaluados alineamiento Vertical. ----- | 42 |
| Cuadro 5. Variación de accidentalidad por año----- | 45 |
| Cuadro 6. Caracterización de Zonas Homogéneas ----- | 47 |
| Cuadro 7 Características geométricas vía de estudio ----- | 47 |
| Cuadro 8. Distribución de la frecuencia de accidentes en Zonas Homogéneas analizadas por zona homogénea----- | 49 |
| Cuadro 9, Indicadores de Accidentalidad por sectores y zonas homogéneas.----- | 52 |
| Cuadro 10. Identificación de lugares peligrosos y NO peligrosos. ----- | 56 |
| Cuadro 11. Identificación de Zonas Homogéneas Críticas por Sectores----- | 57 |
| Cuadro 12. Especificaciones de diseño Unidad Funcional 1 ----- | 59 |
| Cuadro 13. Especificaciones de diseño Unidad Funcional 2 ----- | 60 |
| Cuadro 14 Indicadores de Accidentalidad para la Zona Homogénea 1 ----- | 61 |
| Cuadro 15. Curvas verticales zona homogénea 1.----- | 62 |
| Cuadro 16. Porcentaje del comportamiento de los parámetros de diseño para curvas Verticales con INVIAS 2008----- | 63 |
| Cuadro 17 Curvas Horizontales zona homogénea 1 ----- | 65 |
| Cuadro 18. Porcentaje del comportamiento de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008 ----- | 65 |
| Cuadro 19 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 2 ----- | 66 |
| Cuadro 20. Curvas verticales zona homogénea 2 ----- | 67 |
| Cuadro 21. Porcentaje del comportamiento de los parámetros de diseño para curvas Verticales con INVIAS 2008----- | 67 |
| Cuadro 22 Curvas Horizontales zona homogénea 2 ----- | 69 |
| Cuadro 23. Porcentaje del comportamiento de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008 ----- | 69 |
| Cuadro 24 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 3 ----- | 70 |
| Cuadro 25 Curvas verticales zona homogénea 3 ----- | 70 |
| Cuadro 26. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas verticales con INVIAS 2008----- | 71 |
| Cuadro 27. Curvas horizontales zona homogénea 3 ----- | 72 |
| Cuadro 28. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008 ----- | 72 |
| Cuadro 29 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 4 ----- | 74 |
| Cuadro 30 Curvas verticales zona homogénea 4 ----- | 74 |
| Cuadro 31. Curvas Horizontales Zona homogénea 4 ----- | 76 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro 32. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008 ----- | 76 |
| Cuadro 33 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 5. ----- | 77 |
| Cuadro 34. Curvas verticales zonas hotelera y turística ----- | 78 |
| Cuadro 35 Curvas Horizontales Zona homogénea 5 ----- | 80 |
| Cuadro 36 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 6 ----- | 82 |
| Cuadro 37. Curvas Verticales Zona homogénea 6 ----- | 82 |
| Cuadro 38. Curvas Horizontales Zona homogénea 6 ----- | 84 |
| Cuadro 39 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 7 ----- | 86 |
| Cuadro 40. Curvas Verticales Zona homogénea 7 ----- | 86 |
| Cuadro 41. Curvas Horizontales Zona homogénea 7 ----- | 88 |
| Cuadro 42 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 8 ----- | 90 |
| Cuadro 43 Curvas verticales Zona homogénea 8 ----- | 91 |
| Cuadro 44. Curvas horizontales zona homogénea 8 ----- | 93 |
| Cuadro 45 Indicadores de Accidentalidad Para Zona Homogénea 9 ----- | 94 |
| Cuadro 46. Curvas Verticales Zona homogénea 9 ----- | 95 |
| Cuadro 47 Curvas Horizontales Zona Homogénea 9 ----- | 97 |
| Cuadro 48 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 10----- | 100 |
| Cuadro 49 Curvas Verticales Zona Homogénea 10----- | 101 |
| Cuadro 50. Curvas horizontales zona homogénea 10----- | 103 |
| Cuadro 51 Indicadores de Accidentalidad Para Zona Homogénea 11 ----- | 104 |
| Cuadro 52. Curvas Horizontales zona homogénea 11 ----- | 105 |
| Cuadro 53 Comparación antes de intervención y diseño proyectado Sector 1 ----- | 111 |
| Cuadro 54. Comparación antes de intervención y diseño proyectado Sector 2----- | 117 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Unidades Funcionales del Proyecto vial Cartagena – Barranquilla. ----- | 31 |
| Figura 2. Procedimiento del Análisis de accidentalidad----- | 36 |
| Figura 3 Sectores de Referencia para evaluación de volumen del transito (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016)----- | 37 |
| Figura 4. Criterios para Identificación de Lugares peligrosos y no peligrosos----- | 38 |
| Figura 5. Tabla 2.1 Velocidad de Diseño de un Tramo ----- | 41 |
| Figura 6. Tabla 5.2 Ancho de Calzada ----- | 42 |
| Figura 7. Tabla 5.3 Bombeo de Calzada. ----- | 43 |
| Figura 8. Tabla 5.4 Ancho de Berma. ----- | 43 |
| Figura 9. Variación de accidentalidad por semestre en años de estudio (numeración correcta) ----- | 45 |
| Figura 10 Identificación espacial de Zonas Homogéneas según concentración de accidentes en la Vía al Mar de Cartagena durante el 2015 y 2017-1 ----- | 46 |
| Figura 11 Distribución frecuencia de accidentes por zona homogénea ----- | 48 |
| Figura 12 Plano general de Densidad de accidentalidad vial por Zonas Homogéneas - | 50 |
| Figura 13 Distribución Porcentual de Frecuencia de Accidentes por Sectores ----- | 51 |
| Figura 14 Comportamiento indicadores de accidentalidad por zona homogénea.----- | 53 |
| Figura 15. Identificación de zonas críticas ----- | 58 |
| Figura 16. Sección transversal típica Unidad funcional 1----- | 59 |
| Figura 17. Sección transversal Calzada de servicio----- | 60 |
| Figura 18 Ubicación Espacial de Curvas Horizontales zona homogénea 1 ----- | 64 |
| Figura 19 Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 2----- | 68 |
| Figura 20. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 3----- | 73 |
| Figura 22. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas Verticales con INVIAS 2008----- | 75 |
| Figura 23. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 4----- | 77 |
| Figura 24 Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas Verticales con INVIAS 2008----- | 78 |
| Figura 25 Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008----- | 80 |
| Figura 26. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 5----- | 81 |
| Figura 27 Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas Verticales con INVIAS 2008----- | 83 |
| Figura 28. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008 ----- | 84 |
| Figura 29. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 6----- | 85 |

| | |
|--|-----|
| Figura 30 Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas verticales con INVIAS 2008----- | 87 |
| Figura 31. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008 ----- | 89 |
| Figura 32. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 7----- | 90 |
| Figura 33. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas verticales con INVIAS 2008----- | 91 |
| Figura 34 Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008----- | 93 |
| Figura 35. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 8----- | 94 |
| Figura 36. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas verticales con INVIAS 2008----- | 95 |
| Figura 37. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008 ----- | 98 |
| Figura 38. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 9 ----- | 99 |
| Figura 39. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas verticales con INVIAS 2008----- | 101 |
| Figura 40. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008 ----- | 103 |
| Figura 41. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 10 ----- | 104 |
| Figura 42. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008 ----- | 105 |
| Figura 43 Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 11 ----- | 106 |
| Figura 44. Porcentaje de Cumplimiento general de parámetros----- | 107 |
| Figura 45. Análisis general de parámetros horizontales (CUMPLEN)----- | 108 |
| Figura 46. Análisis general de parámetros horizontales (NO CUMPLEN) ----- | 108 |
| Figura 47. Análisis General de Parámetros verticales (CUMPLE) ----- | 109 |
| Figura 48 Sector Cielo Mar antes de intervención- Giros a la izquierda----- | 112 |
| Figura 49 Configuración Geométrica Intersección Cielo Mar- Diseño Proyectado---- | 113 |
| Figura 50 Sentidos viales Intersección Cielo Mar- Diseño proyectado ----- | 113 |
| Figura 51 Detalle operacional unidad funcional uno y dos entre retorno la Bocana e Intersección Cielo Mar ----- | 114 |
| Figura 52 Flujos Peatonales Sector Uno----- | 114 |
| Figura 53 Paradero Cruce Peatonal Deprimido Hotel las Américas (K1+680) ----- | 115 |
| Figura 54 Paraderos de Transcaribe Ruta T102- Crespo ----- | 115 |
| Figura 55 Evidencia de no presencia de senderos peatonales en sector 1 ----- | 116 |
| Figura 56 Recorrido Usuarios ruta T102- Zona Norte----- | 116 |
| Figura 57 Movilidad Vehicular finalización calzada de servicio.----- | 118 |
| Figura 58 Transito longitudinal y transversal de peatones sin senderos peatonales---- | 119 |
| Figura 59 Transito longitudinal y transversal de peatones sin senderos peatonales y accesos a residencias ----- | 120 |

Figura 60 Cruce y paradero a desnivel de Tierra Baja-----121
Figura 61 Paradero sector Tierra Baja -----121

RESUMEN

En Colombia hasta la fecha, investigaciones orientadas a establecer causalidad entre características de la vía y los accidentes que se producen en ella no han existido, los estudios realizados se han limitado a los trabajos desarrollados por algunas universidades para entidades públicas, como las secretarías de tránsito y el Ministerio de Transporte y entidades privadas como el Fondo de Prevención Vial de Colombia. Dichos estudios se han enfocado en realizar diagnósticos descriptivos acerca de la accidentalidad vial. (Bernal, Giraldo, Reyes, Florez, & Quintana). Es por ello, que esta investigación tuvo como finalidad, realizar un estudio de Seguridad Vial a nivel de Diseño Geométrico del proyecto “Concesión Costera Cartagena-Barranquilla y circunvalar de la prosperidad (en las unidades funcionales uno y dos)”, mediante una evaluación de los elementos de diseño siguiendo los parámetros del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS 2008, con el fin de identificar las zonas críticas por medio de un análisis de los datos de accidentes ocurridos en la Vía al Mar, dividiendo a la vía de estudio en 3 sectores, que a su vez se subdividieron en 11 zonas homogéneas. Teniendo como referencia esta parte del estudio el Manual de Seguridad Vial y evaluando un conjunto de indicadores para los datos recopilados, propuesto por (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003). Esta metodología se sintetizó en un diagrama de bloques. Como producto de la aplicación del estudio, se obtuvo que el 68% de los elementos evaluados cumplen con las condiciones mínimas de diseño apropiadas según la norma. Por su parte, en el análisis de accidentalidad se encontraron como zonas más críticas o propicias de accidentes la Zona club de suboficiales de crespo, Blas el teso, La Boquilla y puente el cañón, producto de su alta densidad poblacional y el nivel de riesgo alto.

Palabras claves: Auditoría de seguridad vial, diseño geométrico, accidentalidad, puntos críticos.

ABSTRACT

In Colombia to date, research aimed at establishing causality between the characteristics of the road and the accidents that occur in it, have not existed, studies have been limited to the work developed by some universities for public entities, such as transit secretaries and the Ministry of Transport and private entities such as the Road Prevention Fund of Colombia. These studies have focused on making descriptive diagnosis about road accident. That's the reason why this research had as purpose carrying out a road study at a Geometric design level of the "Concesión Costera Cartagena-Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad (en las unidades funcionales uno y dos)" project through an evaluation of the elements of design following the parameters of the Manual of Geometric Design of Highways INVIAS 2008, in order to identify the critical areas through an analysis of the data of accidents that occurred in the Via al Mar, dividing the study route into 3 sectors, which in turn were subdivided into 11 homogeneous zones. Taking as reference this part of the study the Road Safety Manual and evaluating a set of indicators for the data collected, proposed by (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003). This methodology was synthesized in a block diagram. As a result of the application of the study, it was obtained that 68% of the elements evaluated meet the minimum design conditions appropriate based on the standard rule. On the other hand, in the analysis of accidents, it was found that the most critical zones or favorable areas of accidents are Club de Suboficiales in Crespo, Blas el Teso, La Boquilla and Puente el canón, due of their high population density and high risk level.

Key words: Road safety audit, geometric design, accident rate, critical points.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, cada año las cifras de accidentalidad aumentan de manera creciente, cerca de 1,3 millones de personas fallecen y más de 3000 disfunciones diarias a raíz de un accidente de tránsito. Es así como, el 90% de las defunciones por accidentes de tránsito tienen lugar en los países de ingresos bajos y medianos, donde se halla menos de la mitad de los vehículos matriculados en todo el mundo, según las previsiones si no se toman medidas inmediatas y eficaces, estos traumatismos se convertirán en la quinta causa mundial de muerte, con 2,4 millones de fallecimientos anuales. Ello se debe, al rápido aumento del mercado de vehículos de motor sin que haya mejoras en las estrategias de seguridad vial ni la planificación del uso del territorio (Unidas).

Es así, como a comienzos del siglo XXI se reconoce y se declara la siniestralidad vial como un problema de salud pública a nivel mundial que ocasiona grandes impactos en lo social y en lo económico, especialmente en los países de menor grado de desarrollo (Ordoñez, 2014) Esto debido al acelerado crecimiento urbano, viéndose forzados estos países a incrementar la capacidad de sus redes viales, frecuentemente a expensas de la seguridad de los usuarios, especialmente los más vulnerables, como motociclistas, peatones, ciclistas y usuarios de modos no motorizados. Los sectores de la población con menores recursos económicos son los que utilizan estos medios de transporte con más frecuencia y resultan ser los más afectados significativamente por los siniestros viales. (Taddia, 2014)

Los países desarrollados, como Francia, Suecia, España y Estados Unidos, fueron los primeros en adoptar medidas para reducir las tasas de accidentalidad en sus vías. Según un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo, España redujo “la cifra de fallecidos por accidente de tráfico entre los años 2001 y 2007 en aproximadamente 31%. Mientras para el caso de Colombia, según el informe realizado en el 2013 por Msc. Diego Vargas Castillo, en términos de tasas por 100.000 habitantes, cuenta con una tasa de 13,2 Muertes por siniestros viales y aunque si bien es un número tres puntos inferior al promedio registrado por la región de las Américas (16,1), es de resaltar que es la segunda vez después de 2002 que Colombia cierra con una cifra superior a 13, presentando el mismo fenómeno del 2012. Lo anterior evidencia un retroceso en la lucha contra el flagelo de la inseguridad vial en la última década (Castillo, 2013).

En el 2011 Colombia, se adhirió al Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020, poniendo en marcha distintas iniciativas, como el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021 y el establecimiento de la Agencia Nacional de Seguridad Vial o el Observatorio Nacional de Seguridad Vial. (Banco Interamericano de Desarrollo & Asociación Española de la Carretera, 2013) con el fin de dar un giro a la tendencia de los accidentes de tránsito anterior mencionada, de forma integral para generar resultados positivos evidenciables.

Sin embargo, la infraestructura vial de Colombia, se encuentra en crecimiento e innovación con las adjudicaciones de los corredores viales a concesiones de cuarta generación (4G), la necesidad de mejores y nuevas vías que permitan el desarrollo en materia de transporte en Colombia requiere que se cuente no solo con una infraestructura vial que disminuya los tiempos de recorrido de un punto a otro, si no que a su vez ofrezca todo lo relacionado con Seguridad Vial para cada uno de los usuarios (Chacon & Saenz, 2016). Mediante la Resolución 001282 (Ministerio de Transporte, 2012): “Por la cual adopta el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2016” teniendo líneas de acción estratégicas como: la realización de Auditorías de Seguridad Vial a manera de medida preventiva para corregir e intervenir sitios críticos, jerarquización de la Red y optimización de la Normatividad en la Infraestructura Vial. Que durante la ejecución tendrá como medible el índice de Mortalidad y verificación del cumplimiento de los diseños según lista de chequeo de los componentes de seguridad vial (Agencia Nacional de Infraestructura, 2013). En el 2014, la resolución 0002273 (Ministerio de Transporte, 2014): “Por la cual se ajusta el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021 y se dictan otras disposiciones” El pilar estratégico sobre la infraestructura formula la acción y la implementación de Auditorías de Seguridad Vial, además definir los estándares que debe cumplir la infraestructura en términos de seguridad vial y la reglamentación necesaria. Es así, como las normas son un punto de comienzo importante en cualquier diseño vial.

Con base a lo anterior y teniendo en cuenta la incidencia y repercusión de los accidentes de tránsito en las vías nacionales, haciendo énfasis en la ciudad de Cartagena de Indias, la cual pertenece a las 10 ciudades que concentran el 28.5% de las muertes por siniestros viales y a las 15 ciudades que reúnen el 50.06% de lesionados por accidentes de tránsito

(Castillo, 2013), en el presente trabajo de investigación se formularon los siguientes interrogantes , ¿Son efectivas la realización de Auditorías de seguridad Vial en las fase de Diseño? ¿La Carretera del Proyecto Concesión Costera Cartagena-Barranquilla Unidad Funcional uno y dos, cumple con las Normas de Diseños adecuadas para abordar la Seguridad Vial?

En esta investigación se realizó un estudio vial, en el cual se evaluó si las características geométricas a nivel horizontal, vertical y transversal de la vía reunían las condiciones apropiadas para ayudar a la prevención de accidentes en esta, con referente a lo estipulado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS 2008. A su vez, se analizaron los registros de accidentes ocurridos en la vía (absisado antiguo) desde el año 2015 hasta julio del presente año.

Teniendo en cuentas las tasas de accidentalidad expuestas anteriormente con relación a la ciudad de Cartagena, se escogió la Vía al Mar o la Ruta Nacional 90ª ubicada en la zona norte de Colombia, en su proyecto “Concesión Costera Cartagena-Barranquilla y circunvalar de la prosperidad, en sus unidades funcionales (UF) uno y dos”. Caracterizada por su carácter urbano y el flujo constante de peatones que se desplazan por y a través de la vía, lo que proporcione el aumento significativo del volumen de tránsito y como medida de prevención, se justifica la importancia de la ampliación de la vía de primera generación a cuarta generación, a su vez evidencia entonces la necesidad de Auditorías de Seguridad Vial, para el empalme de ambos proyectos y la necesidad de tomar medidas para disminuir la siniestralidad concurrente. Cabe recalcar que en Cartagena la cultura de Seguridad Vial es mínima, por ende los estudios realizados para evaluar parámetros geométricos y accidentalidad son escasos, entre los encontrados referentes a la vía de estudio, se encontraron los realizados por la ANI en el Estudio de Trazado y Diseño Geométrico (ANI, 2016) y una Inspección de Seguridad Vial por (P & M Ingenieros Asociados, 2012) , los cuales no contemplan la accidentalidad como factor de evaluación de Seguridad en cada uno de los estudios. Por ende, esta investigación permitió sentar bases y relacionar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad. De esta manera, se está aportando a la implementación de estudios de seguridad vial en la fase diseño para las carreteras de la ciudad de Cartagena, con el fin de considerar para los nuevos proyectos de infraestructura

vial factores que minimicen el riesgo de accidente y aplicar manuales para hacer vías con infraestructura segura.

El proyecto consta alrededor de unos 7 kilometros cubriendo ambas UF, fue dividido en zonas homogéneas según similitudes en características, tal como lo indica la PIARC. En este trabajo se evaluaron características geométricas como Radio y longitud mínima de la curva, Distancia mínima de Visibilidad de parada, Velocidad de diseño, Ancho de calzada, entre otras características.

Finalmente, el desarrollo de esta investigación permitió plantear las deficiencias y riesgos en términos de seguridad que ayudara a reducir los índices de accidentalidad de la vial al mar, además se plantearon algunas recomendaciones o medidas de corrección o mitigación a las deficiencias encontradas. Generando un aporte a la cultura investigativa fomentada por el grupo investigativo en Geotecnia, Materiales, Vías y Tránsito (GEOMAVIT) el cual contempla la línea de investigación en Tránsito y Transporte del programa de Ingeniería Civil de la Universidad de Cartagena. Apoyando la planeación y desarrollo de la infraestructura de la ciudad de Cartagena, permitiendo otra visión de la seguridad Vial en los diseños de Proyectos Viales y proyectando a la Universidad en su labor social de acuerdo con los avances tecnológicos.

1. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se describen los conceptos y generalidades íntimamente ligados a las auditorías de seguridad vial y todo lo correspondiente al análisis de accidentalidad de una vía, que facilitaran la interpretación del problema a investigar.

1.1 MARCO TEORICO

1.1.1 Auditoria de seguridad vial

Se entiende por seguridad vial, a todo el conjunto de medidas, disposiciones, normas y leyes, que existen entorno a la circulación y movilización de personas y automóviles, por las calles, vías y ciclorutas; que tienen la clara misión de prevenir accidentes de tránsito que involucren a los sujetos mencionados.

Se entiende por auditoria de seguridad vial, al procedimiento que reúne una serie de requisitos que deben ser evaluados y revisados para asegurar que el proyecto vial reúna condiciones apropiadas que prevengan accidentes de tránsito y posteriormente brinden soluciones de mejora a las condiciones encontradas. (Chacon & Saenz, 2016)

Se recomienda que las auditorias de seguridad vial sean realizadas por personal previamente capacitado, con experiencia y conocimiento en el área de diseño y construcción de vías, sin dejar atrás la seguridad vial. Este personal debe ser preferiblemente ajeno al proyecto, para que de esta manera obtener un resultado objetivo y desde la posición del usuario.

1.1.2 Fases de una auditoria de seguridad vial

El proceso lógico de las ASV comienza con el análisis durante la fase inicial del planteamiento y la posterior elaboración del proyecto constructivo de la carretera, con el fin de poder corregir y mejorar aquellas circunstancias o condicionantes que afectan de forma directa o indirecta a la seguridad vial durante el periodo de diseño.

No siempre se realiza este proceso lógico, muchas veces se construye la vía y hasta tanto no se presenten inconvenientes en ella, no se realiza la respectiva auditoria vial. Por eso, siempre es bueno identificar en qué etapa del proyecto se realizará la ASV.

1.1.3 Auditoria en fase de diseño.

En esta etapa se encuentran las siguientes fases en las cuales se recomienda realizar ASV.

- Diseño Detallado. Se debe tener en cuenta el diseño geométrico final, la señalización vertical y demarcación horizontal, la iluminación, drenajes, postes, etc., para la realización de los pliegos de licitación o invitaciones para presentar ofertas.

Algunos aspectos que se deben contemplar en esta etapa son:

- ✓ Estudio del entorno y señalización confusa
- ✓ Que las distancias de visibilidad sean las correctas
- ✓ Las estructuras mobiliarias urbanas
- ✓ Iluminación de Travesías, enlaces e intersecciones
- ✓ Los cambios de la geometría de la vía esto quiere decir: radios, peraltes y pendientes
- ✓ Instalaciones para usuarios vulnerables tales como: peatones, ciclistas, motociclistas, personas con discapacidades
- ✓ Características de la capa de rodadura.

En esta etapa es donde se puede identificar si es necesario realizar cambios en el trazado con el fin de evitar sobre costos en la etapa de construcción.

1.1.4 Consideraciones generales de seguridad vial

1.1.4.1 *Diseño geométrico*

En el diseño geométrico de una vía, son importantes características tales como:

- **Diseño de Intersecciones:** para tener un buen diseño y regulación de intersecciones, es necesario tratar de minimizar el número de puntos de conflictos, se necesita asegurar la visibilidad sobre todo en las intersecciones con ángulos menores de 90° especialmente para los adultos mayores, deber ser lo suficientemente visibles y evidentes para los conductores, entre otros aspectos que contribuyan a la seguridad vial en las intersecciones.
- **Control de Accesos:** en un proyecto vial es importante evitar al máximo el mayor número de accesos, además los accesos directos y frontales y sobre todo aquellos ubicados cerca a las curvas existentes.
- **Curvas Horizontales y Verticales.**
- **Velocidades:** en los proyectos viales debe existir una correlación entre las velocidades de diseño, máxima y de operación.

(Dourthé & Salamanca, 2003).

1.1.4.2 *Gestión de Transito*

Algunos aspectos claves de gestión de transito relacionados con la seguridad vial son:

- **Límites y Control de Velocidad:** El límite debe establecerse en función de: la velocidad real de operación en la vía y de sus características físicas la composición y volumen del flujo vehicular; el uso del suelo y la tasa de accidentes.
- **Regulación de Intersecciones:** El control de la prioridad de las intersecciones se puede materializar a través de señales como "Ceda el Paso" (son apropiadas en intersecciones de vías donde existe una

buena visibilidad), o "Pare" (se debe utilizar sólo donde, la distancia de visibilidad se encuentra restringida), además de construir "Rotondas" o instalar "Semáforos".

- **Cruces Peatonales:** en las vías con poblaciones aledañas, cuando se presenten grandes flujos peatonales, deben emplazarse facilidades explícitas, de modo el riesgo para los peatones es muy alto. En términos generales, para los tramos rectos (se implementan cruces cebra o semáforos), para las intersecciones (implementación de intervalo o fase exclusiva para los peatones), por último, si se presentan altos flujos peatonales y vehiculares debe considerarse la instalación de pasos superiores (pasarelas) o inferiores (subterráneos) para los peatones.

1.1.5 Consideraciones generales de accidentalidad en una vía

1.1.1.1 *Frecuencia de Accidentes*

La frecuencia de accidentes es el criterio de identificación más simple. Cada accidente se localiza como un punto de ocurrencia en la red vial, y se suma el número de accidentes informados en cada lugar considerado. Los lugares se ordenan en orden decreciente de frecuencia de accidentes. En cada lugar se justifica un análisis de seguridad detallado donde la frecuencia de accidentes exceda un umbral de investigación seleccionado (IT). Este umbral puede fijarse arbitrariamente, p.e, cinco o más accidentes por año (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003).

1.1.1.2 *Frecuencia Media de Accidentes (F_{rp})*

$$(F_{rp}) = \frac{\sum f_j}{n} \quad (1)$$

Donde:

F_{rp} = Frecuencia media de accidentes

f_j = Frecuencia de accidentes en el lugar j de una población de referencia

n = Numero de lugares

1.1.1.3 Índice de Accidentes (R_j)

Por definición, un índice de accidentes es una relación entre un número de accidentes y una medida de la exposición. Se calcula mediante la ecuación 2. (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003)

$$R_j = \frac{f_j * 10^6}{365.25 * PL_j * Q} \quad (2)$$

Donde:

R_j = Índice de accidentes en el lugar (acc/M.veh-km)

f_j = Frecuencia de accidentes en el lugar j

P = Periodo de análisis (años)

L_j = Longitud de sección del lugar j (km)

Q_j = Transito medio diario anual en el lugar j (TMDA) (Veh/día)

1.1.1.4 Índice de Accidentes crítico (R_{cj})

Compara el índice de accidentes en un lugar con el índice de accidentes medio calculado en un grupo de lugares de características similares (población de referencia). Como para otros criterios, la suposición básica es que los lugares con características similares debieran tener niveles de seguridad similares. A pesar de esta suposición y debido a la naturaleza al azar de los accidentes, un índice de accidentes de un lugar puede muy bien superar el índice medio de accidentes de su población de referencia, sin ser necesariamente peligroso. Sin embargo, cuando el índice de accidentes de un lugar se vuelve muy alto comparado con lugares similares, las variaciones al azar no bastan más para explicar la diferencia observada. Entonces, el lugar se considera anti convencional. Este criterio calcula el valor mínimo del índice de accidentes al cual el lugar se considera peligroso. Este valor – el índice de accidentes crítico – crece con el nivel de confianza estadística elegido. (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003)

$$R_{cj} = R_{rp} + K \sqrt{\frac{R_{rp} \times 10^6}{365.25 \times PL_j * Q_j}} + \sqrt{\frac{1 \times 10^6}{730.5 \times PL_j * Q_j}} \quad (3)$$

Donde:

R_{cj} = Índice crítico de Accidentes en el lugar j (*acc/M.veh-km*)

R_{rp} = Índice medio de accidentes en lugares similares (*acc/M.veh-km*)

K = Constante estadística

P = Periodo de análisis (años)

L_j = Longitud de sección del lugar j (km)

Q_j = Transito medio diario anual en el lugar j (TMDA) (Veh/día)

1.1.1.5 *Puntos Negros*

Se dice que el término “punto negro” se deriva del método originalmente usado para identificar lugares peligrosos. Los accidentes se marcaban con alfileres coloreados sobre un mapa para representar la gravedad del trauma de cada evento. El negro se reservaba para los accidentes causantes de sólo daños a la propiedad, y la significativa proporción de estos accidentes creó concentraciones de puntos negros. No hay una definición de punto negro universalmente aceptada. A menudo, los términos “ubicación peligrosa” y “ubicaciones de accidentes altos” se usan como sinónimos. Como se vio, originalmente un punto negro fue originalmente un lugar del camino de área limitada con una alta concentración de accidentes. Esta definición evolucionó progresivamente y varios investigadores ahora recomiendan incluir el concepto de potencial de mejoramiento. (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003)

1.2 ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES

Basados en la información secundaria relacionada con los estudios de seguridad vial enfocados en la disminución de accidentes de tránsito o en la detección de los posibles puntos de accidentalidad, se facilitará la comprensión del problema que concierne a la investigación. Esto implica la revisión y análisis de la literatura referente a la problemática.

El concepto de Auditorías de Seguridad Vial en las carreteras, se desarrolló por primera vez en el Reino Unido con el fin de prevenir y reducir los accidentes en su sistema vial, en los años 80, se empezaron a realizar las primeras auditorías viales, las cuales se realizaban principalmente en la Fase de diseño con la metodología específica para la realidad local. Es así, como en el año 1996 la Institución de Carreteras y Transportación, publicó la Guía para Auditorías de Seguridad en las Carreteras. La experiencia y beneficios adquiridos han motivado a que otros países empiecen a incorporar este concepto en sus proyectos viales para incrementar la seguridad vial en sus sistemas de transporte. Un ejemplo de estos países es Australia, quien comenzó a realizar auditorías tanto para proyectos en etapa de diseño como para carreteras existentes. Para que otros países se beneficien de los programas de seguridad que han utilizado, Australia ha recibido a profesionales de diferentes partes del mundo para mostrarles el procedimiento que utilizan y resultados que puedan esperarse.

Otro de los países potenciales que se ha interesado en promover la seguridad de sus vías desde principios del Siglo XX es Estados Unidos de América, donde varias entidades gubernamentales se preocuparon por el problema de la accidentalidad. Para atacar este problema a través de los años se han creado agencias estatales y diferentes asociaciones interesadas en promover un sistema de transporte seguro, mediante la creación de leyes, reglamentos, manuales y guías de ingeniería, bases de datos de choques vehiculares que provean estadísticas del problema a través de los años y técnica de evaluación de seguridad vial dirigidas a identificar y minimizar deficiencias en las vías públicas. Por ende, varios de sus estados han comenzado a conducir auditorías en sus sistemas viales obteniendo resultados positivos. (Colucci & Rivera, 2005)

Por otra parte, en países como Costa Rica Las primeras Auditorías de Seguridad Vial las realizó el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) de la

universidad de Costa Rica, sobre obras viales, laboratorios y obras de concesión (Chacon & Saenz, 2016). Una de ellas fue realizada en noviembre del 2008 a una vía existente donde se encontraron inadecuados usos de los dispositivos de control (Chacon & Saenz, 2016). Es importante analizar que las auditorias viales realizadas en cada etapa del proyecto contribuyen al desarrollo del mismo, se resalta la importancia de las realizadas en la etapa de diseño donde se prevén cada uno de estos aspectos, como es el caso de esta investigación.

Un caso particular se da en Querétaro (México), donde investigadores aplican dicho procedimiento en una auditoria de seguridad vial a una carretera en marcha encontrando los grados de las curvas mayores a los permitidos por la norma mexicana, y el ancho de los carriles y acotamientos con medidas inferiores a la dada por la misma norma (Abarca, Centeno, & Mendoza). Es importante anotar que las auditorias en la fase de diseño y construcción se realizan principalmente para evitar esta clase de complicaciones y errores que atentan contra la vida humana.

Por otra parte, en la isla de Puerto Rico el sistema de carreteras desde el punto de vista de seguridad contiene deficiencia en los objetos físicos como superficie del pavimento en mal estado, peralte inadecuado entre las curvas, entre otras deficiencias que generan grandes conflictos entre vehículos, peatones, ciclistas y otros usuarios, pues en la isla se escenifican anualmente sobre 280,000 choques vehiculares, en los cuales en promedio fallecen 500 personas, (Colucci & Rivera, 2005) ocasionados principalmente en las intersecciones a nivel ubicadas en la zona rural, debido al incumplimiento de las especificaciones del manual y la falta de mantenimiento en ellas. Para atender dicha situación y combatir los altos las autoridades de la isla, implementaron los estudios de seguridad vial en las intersecciones puestas en operación, analizando el diseño de cada uno de los elementos viales involucrados.

En Colombia donde surge el interés de evidenciar que la Auditoria de Seguridad Vial se debe asumir como una herramienta importante para la construcción de vías seguras y el mejoramiento continuo de la seguridad vial en estas, debido a que el país hace parte de un programa mundial que estimula a los gobiernos para hacer que la movilidad y las carreteras

sean más seguras, a su vez se genera la necesidad de concientizar y mejorar el comportamiento de los usuarios en las vías (Chacon & Saenz, 2016).

En la capital del país (Bogotá) se realizó un estudio de seguridad vial para determinar la incidencia del diseño geométrico en casos de accidentalidad, en un tramo de la carretera Bogotá- Villavicencio. Este estudio arrojó como conclusión que a nivel de diseño se encontraron deficiencias en las cunetas al lado de las bermas, además inconvenientes en las longitudes de entre tangencia, en los diseños transversales no se identifican zonas despejadas, ni zona de servicios para la instalación de señalización, ductos y postes de SOS, algunos puntos de retorno y acceso presentan entrecruzamientos y disminución de velocidad, convirtiéndolos así en riesgos de accidentalidad futura. (Cifuentes Ospina , 2014) Lo expuesto en el estudio pone de manifiesto la importancia de evaluar el diseño geométrico de una carretera considerando para proyectos nuevos de infraestructura vial los factores que minimicen el riesgo de accidente antes de entrar en la etapa de operación y así se puedan realizar los ajustes necesarios a los diseños.

El estudio citado en (Ospina, 2014) “Incidencia De Las Características Geométricas Y De Tránsito De Vías En Alta Montaña Y De Bajas Especificaciones Geométricas Sobre La Accidentalidad” realizado por la Universidad Javeriana en el año 2009, por los ingenieros Carlos Fabián Flórez y Fredy Alberto Reyes; establece la relación entre el número de accidentes y el diseño geométrico de la vía, llegando a la conclusión de que existe una correlación entre los accidentes y las características geométricas de alta montaña y bajas especificaciones, y con mayor accidentalidad en tramos curvos que en los rectos. Se identificaron factores como las condiciones climáticas y el buen estado de pavimento, ya que aumenta la percepción de velocidad.

Como citaron autores (Chacon & Saenz, 2016) "mediante las auditorías se pretende garantizar que las carreteras, desde su primera fase de planeamiento, se diseñan con los criterios óptimos de seguridad para todos los usuarios, verificando que se mantienen dichos criterios durante las fases de proyecto, construcción, puesta en servicio de la misma y su vida posterior".

Por otra parte, en el ámbito local se tiene conocimientos de investigaciones referentes a auditorias de seguridad vial en algunas de las principales vías de la ciudad por parte de la

empresa TRANSCARIBE S.A y una Inspección de Seguridad Vial a largo de la Vía al Mar (P & M Ingenieros Asociados, 2012) . Sin embargo, los resultados de las realizadas por la empresa TRANSCARIBE no lograron ser suministrados debido a problemas protocolarios que sobrepasaron el límite de tiempo de esta propuesta.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de seguridad vial a nivel de diseño del proyecto “Concesión Cartagena-Barranquilla y circunvalar de la prosperidad (en las unidades funcionales uno y dos)”, mediante la evaluación de cada uno de los elementos de diseño geométrico vial siguiendo los parámetros del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS 2008, con el fin de identificar los puntos críticos en el nuevo diseño propuesto.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

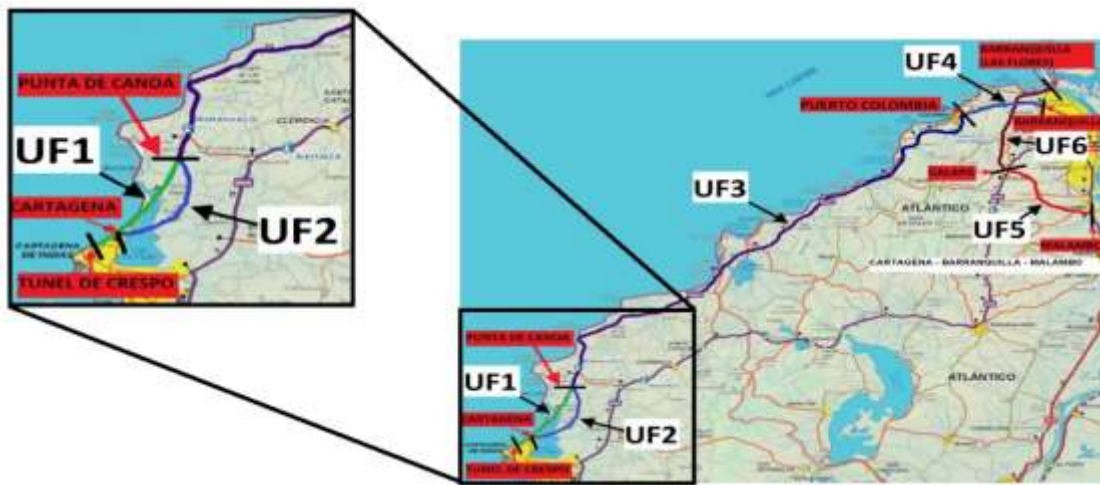
- Evaluar la señalización y el Diseño Geométrico a nivel de trazado Horizontal, Vertical y Transversal.
- Analizar e identificar los puntos críticos y zonas de alta, media y baja densidad, basados en la información estadística de accidentalidad de las unidades funcionales (UF) uno y dos, utilizando los sistemas de información geográfica.
- Proponer recomendaciones para los hallazgos en la auditoria al diseño

3. ALCANCE

La actividad de investigación se realizó en el distrito cultural y turístico de Cartagena de Indias, capital del departamento de Bolívar, el cual cuenta con 609,1 km². Haciendo énfasis en la zona Nor-este de la ciudad, ocupada por desarrollos residenciales, turísticos y el centro poblado de pescadores de la Boquilla (Cartagena, 2001).

La vía en estudio consta alrededor de unos siete kilómetros, cubriendo las unidades funcionales (UF) uno y dos del proyecto “Concesión Cartagena – Barranquilla y circunvalar de la prosperidad” (Figura 1), en las cuales se encuentran los principales accesos a varias de las poblaciones del sector.

Figura 1. Unidades Funcionales del Proyecto vial Cartagena – Barranquilla.



Fuentes: (ANI, 2016), Adaptado por: autores

Como resultado del presente proyecto de investigación se contempló revisión y evaluación de las características geométricas horizontal, vertical y transversal de la vía con relación a lo indicado por el Manual de Diseño Geométrico de carreteras INVIAS 2008, para asegurar que fue la vía de investigación mencionada anteriormente reúna las condiciones mínimas apropiadas para la prevención de accidentes.

La investigación contó con un tiempo aproximado de cuatro meses para llevarse a cabo, un mes más de lo planeado debido a contratiempos con la policía de carreteras para la entrega de información necesaria en el análisis de accidentalidad, comprendido durante el segundo

semestre del año 2017. En este periodo de tiempo se lograron cumplir a cabalidad los objetivos propuestos.

Para llevar a cabo lo previamente mencionado, en primera instancia se realizó una revisión bibliográfica referente a la importancia y al objetivo de auditorías de seguridad vial en la etapa de diseño de un proyecto de carreteras. Además, con respecto a los índices de accidentabilidad en la vía de estudio, se consultó y recopiló la información encontrada en la base de datos, los informes relacionados con la vía de estudio, expedidos por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) y la policía nacional.

En cuanto a la aplicación en la vía de estudio, se contempló la división de esta, en zonas homogéneas tal como lo indica la PIARC, las cuales fueron identificadas como zonas peligrosas y no peligrosas según el análisis de los accidentes registrados en la vía. A su vez, se tuvo en cuenta la evaluación de los parámetros de diseños de las curvas verticales y horizontales presentes en cada zona de estudio

Se hace necesario mencionar que en la investigación referente a las características de diseño geométrico del proyecto se presentaron limitaciones a la hora de evaluar un mayor número de parámetros, debido a la información suministrada por la concesión costera, puesto que solo se recibió parte de la información solicitada. También es importante resaltar que para realizar de manera adecuada el análisis de los registros de accidentes en el proyecto vial se hacía necesario realizar dicho análisis antes y después de terminada la obra, lo cual limitó temporalmente a la investigación, pues el tiempo de esta fue relativamente corto y solo se realizó el análisis de registros de accidentes antes de terminada la obra.

Finalmente, se puede afirmar que el análisis y recomendación de esta investigación buscan sentar bases para próximas investigaciones asociadas a la seguridad vial de los vehículos y peatones de una vía. Pues servirá para incentivar a la aplicación de auditorías en fase de diseño y de esta manera ayudar a prevenir la tasa de accidentes. En la vía de estudio deja abierta la inquietud de conocer el análisis de accidentalidad al colocar en operación la nueva vía.

4. METODOLOGIA

Esta propuesta tuvo un enfoque mixto, conformado conjuntamente por uno cuantitativo y otro cualitativo (Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006) teniendo en cuenta que se realizó un análisis comparativo de los distintos parámetros obtenidos de los diseños del proyecto concesión Cartagena-Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad para las UF1 y UF2, asociados a la geometría, tales como: radio de curvatura, distancia de visibilidad, peraltado, entre tangencia, etc. Con respecto a las especificaciones técnicas vigentes, lo cual permitió evaluar el proyecto a nivel de diseño de acuerdo con criterios de seguridad vial, analizando de manera sistemática los diferentes parámetros y la ocurrencia de los accidentes de tránsito en las diferentes zonas estudiadas.

En la actualidad, existen varios estudios o metodologías para la gestión de carreteras de los cuales se pueden diferenciar dos grandes grupos. Por ejemplo, las investigaciones de los países precursores en materia de Seguridad Vial, como Inglaterra, con el Highways Department, Australia y Nueva Zelanda, con el AUSTROADS y Estados Unidos, con el Federal Highway Administration (FHWA), quienes sostienen que las Auditorias de Seguridad Vial, son herramientas de estudios que son aplicables en todas las etapas de vida de la carretera, por lo tanto no hay metodologías específicas para las diferentes fases. (Mendoza & Muñoz, 2016)

Por otro lado, una de las instituciones de la Union Europea, como el South East Europe Transport Observatory (SEETO), junto con la Asociación Mundial de Carreteras (PIARC) Hacen una distinción significativa que facilita su comprensión y recopila la mayoría de parámetros que contiene la normatividad vigente INVIAS 2008, Esta metodología es aplicada en Colombia actualmente a todos los proyectos del país desde su fase de planeación hasta la fase de operación y es realizada por convenios suscritos por el Ministerio de Transporte, el banco Mundial y el fondo de Prevención Vial. (Cifuentes Ospina , 2014) Es por esto, que la metodología empleada se basa en las elaboradas por la Asociación Mundial de Carreteras (PIARC) la cual propone un procedimiento claro y detallado para la identificación, diagnóstico y selección de parámetros a estudiar.

4.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En esta etapa se hizo necesaria la recopilación amplia de la información concerniente a la aplicación de las Auditorías de Seguridad Vial para la prevención de la accidentalidad a nivel internacional, Nacional y Local, así mismo los datos estadísticos de accidentes de los años 2015 hasta 2017 facilitado por la Policía de Carreteras de la Ciudad de Cartagena y reportes mensuales consignados en la Página Web de la ANI, para este estudio no fueron consideradas causas de accidentes, tipo de vehículos, nivel de severidad, entre otros factores, dado que en la mayoría de los casos este tipo de información no son diligenciadas en su totalidad . La información fue organizada, depurada y digitalizada en accidentes ocurridos en el tramo de vía estudiado haciendo énfasis en características como fecha y lugar del suceso. Es de anotar que la información suministrada fue limitada y que los demás factores influyentes en cada suceso no estaban identificados en el reporte facilitado por la Policía de Carreteras. Es así como al realizar la compilación de datos se consignó la información con un total de 440 accidentes para el periodo 2015 a Julio del 2017.

Adicional, se recopiló la información de los Diseños Geométricos (Vertical, Horizontal y Transversal), Diseño de estructura de Pavimento, Estudio de Suelos, la Normatividad Aplicable en los diseños del proyecto proveído por la Agencia Nacional de Infraestructura.

4.1.1 Revisión bibliográfica de Antecedentes, Estado de Arte y Casos de Estudio a nivel internacional, Nacional y Local.

Se realizó la revisión bibliográfica de antecedentes, estado del arte y casos de estudios a nivel internacional, nacional y local, esto comprendió la información relacionada con la aplicación de auditorías de seguridad vial, teniendo en cuenta la metodología utilizada, la efectividad de implementación de antes y después de las auditorías y la realidad de los países y ciudades específicas frente a la seguridad vial.

Lo anterior se llevó a cabo a través de la búsqueda en la base de datos registradas y medios virtuales, tales como página web de empresas a cargo del consorcio y construcción,

Literatura referente a la normatividad referenciada para el diseño del proyecto y la utilizada para la metodología de las Auditorias Viales efectuadas por entes internacionales.

Para la indagación en las bases de datos se hizo necesario iniciar empleando las siguientes palabras claves: *road safety Audit, safety and designe, traffic accidents, applications of GIS, Road black point, hot spot.*, a esto hay que sumarle la aplicación de algunos filtros como el año, el tipo de documento y la fuente, para restringir la búsqueda y preveer que la información fuese lo más apropiada según los objetivos plasmados.

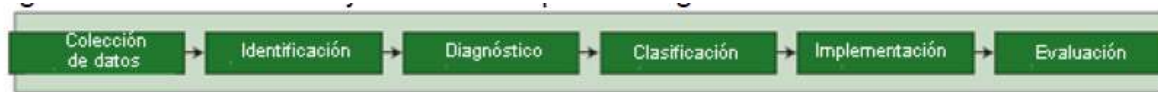
4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para un mejor desarrollo, esta etapa se realizó en 2 partes: las cuales comprendieron, la revisión y análisis de la información detallada sobre los criterios de señalamiento y diseño (horizontal, vertical y transversal), Basándose en los parámetros de las normatividades colombianas para cada uno de los criterios a evaluar, como es el caso de manual de diseño geométrico de carreteras (INVIAS 2008) y el Manual de seguridad vial PIARC. La segunda parte, fue el análisis de estadísticas de accidentalidad 2015-2017 Suministrado por la Policía de Carreteras, con la finalidad de identificar las características y distribución geoespacial de los patrones de ocurrencia en los siniestros viales.

4.2.1 Análisis de Accidentalidad

En la etapa del análisis estadístico de la accidentalidad se basó en cuantificar los niveles de riesgo, detectar los sectores con alto potencial por mejoramiento, y examinar los agrupamientos de accidentes que no pueden explicarse por flujos más pesados por medio de índices de frecuencia de accidentes. Todo esto con el objetivo de la identificación de Puntos Negros, los cuales tienen un proceso de mejoramiento el cual será basado en lo propuesto en Road Safety Manual (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003)

Figura 2. Procedimiento del Análisis de accidentalidad



Fuentes: (PIARC, 2003)

4.2.1.1 *Identificación de lugares de concentración de accidentes*

Teniendo en cuenta la metodología propuesta por la PIARC, se procedió como primer paso identificación de cada accidente dentro de la malla vial del tramo de estudio en este caso de la Vía al mar (K0+350; K7+500), por lo cual se trabajó sobre la topografía referente al periodo de años del informe de accidentalidad, es decir, antes de intervención, empleando el programa de Autodesk Inc. AutoCAD® 2018. Se le asignó a cada uno de los eventos un abscisado el cual se encuentra designado en el informe de accidentalidad, esto con el fin de tener conocimiento de la distribución espacial, (Norte, Este) de los accidentes e identificar los sitios de concentración de estos eventos en el tramo a evaluar.

4.2.1.2 *Sectorización de tramos o poblaciones de referencia*

Identificados los lugares de concentración se realizó la sectorización de zonas homogéneas, teniendo en cuenta la concentración de eventos, geometría y comportamientos de usuarios viales. En el caso de estudio se tendrá en cuenta la concentración y frecuencia de accidentes como parámetro de sectorización de tramos, basándonos en los criterios del Road Safety Manual:

“ Una ubicación simple de accidentes informados en un mapa vial basta para revelar grupos de accidentes. Cuando se agrega el número de accidentes en estos grupos, varios lugares de una red vial pueden entonces ordenarse según su frecuencia de accidentes. Esta es la forma más antigua de identificar limitaciones de la seguridad vial, y todavía se usa ampliamente porque minimiza los requerimientos de datos y los cálculos ”. (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003)

Adicional, para efectos de facilitar el estudio detallado de cada una de las zonas homogéneas y abarcar la mayoría de los indicadores, teniendo en cuenta el volumen del tránsito como parámetro similar, se reagruparon las zonas homogéneas en tres sectores como se observa en la Figura 3, ubicados en zonas representativas del tramo a evaluar.

Estos puntos fueron seleccionados procurando dar un cubrimiento tal que represente las características de las vías que enmarcan el proyecto en cuanto a volúmenes vehiculares, peatonales y de ciclo usuarios, lo anterior teniendo en cuenta el estudio realizado por la ANI en el Anexo-F Estudio de Movilidad en las Unidades Funcionales 1 y 2. (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016).

Figura 3 Sectores de Referencia para evaluación de volumen del tránsito (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016)



Fuente: Elaboración propia, Google Earth.

Como parámetro para sectorización de zonas homogéneas se tuvo en cuenta la distribución vehicular y el volumen del tránsito, los cuales pueden ser observados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Caracterización de Sectores

| SECTOR | NOMBRE DE LA ESTACION | TPDA | COMPOSICION VEHICULAR |
|---------------|---------------------------------|-------------|---|
| 1 | Club de Sub-Oficiales de Crespo | 24436 | 55.3% Livianos, 7.4% Buses, 3.6% Camiones, 33.7% Motos. |
| 2 | La Boquilla | 21250 | 54.6% Livianos, 7.9% Buses, 2.8% Camiones, 34.2% Motos. |
| 3 | Tierra Baja | 19884 | 55.9% Livianos, 5.0% Buses, 4.3% Camiones, 34.7% Motos. |

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.3 *Calculo de indicadores de accidentalidad por tramo y año.*

A partir de la sectorización de tramos, es de gran relevancia el uso de criterios simples que han sido utilizados a lo largo del tiempo, para detectar las deficiencias de seguridad vial en los distintos sectores del tramo de estudio, tales como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Índices de accidentes a evaluar.

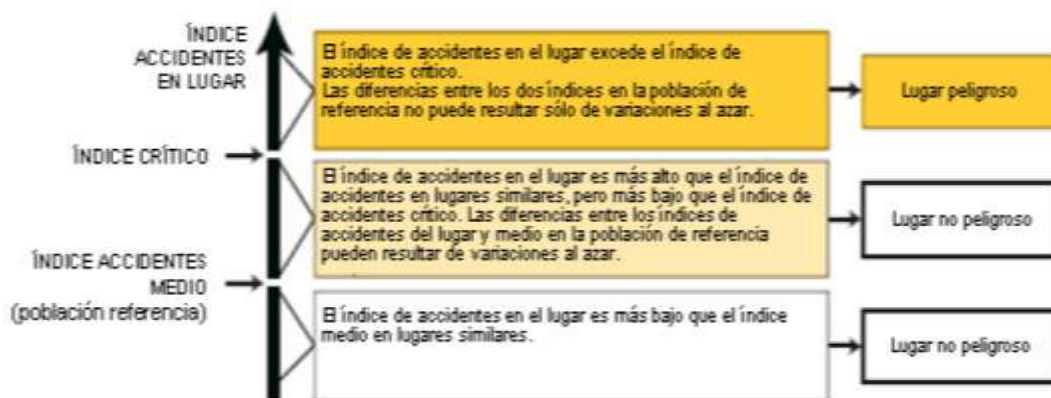
| Nº | Índices de Accidentalidad |
|----|---------------------------------|
| 1 | Frecuencia de accidentes |
| 2 | Frecuencia mínima de accidentes |
| 3 | Índice de accidentes |
| 4 | Índice critico de accidentes |

Fuente: AUTORES

4.2.1.4 *Identificación de Lugares peligrosos y no peligrosos*

Para la identificación de estos lugares se tuvo en cuenta los criterios propuestos por la PIARC en el Manual de Seguridad Vial (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003) el criterio seleccionado fue el del Índice Crítico. Los cuales están descritos en la Figura 4.

Figura 4. Criterios para Identificación de Lugares peligrosos y no peligrosos



Fuente: (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003)

4.2.2 Revisión, análisis y comparación de los parámetros de diseños para la verificación con respecto a la normativa vigente (especificaciones técnicas).

Esta etapa consistió en la observación y evaluación del diseño de las características geométricas suministrado por la concesión costera Cartagena-Barranquilla, en cuanto a alineamiento horizontal, vertical y transversal mediante el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS 2008, es decir, se revisó si cada una de las características geométricas del diseño proyectado contemplaba las medidas mínimas que indica la normatividad.

Para facilitar la evaluación de los parámetros de diseño se procedió a evaluar los alineamientos vertical y horizontal por la sectorización entregada por la ANI, es decir Calzada izquierda, Calzada derecha, Calzada de servicio y Viaducto del Gran Manglar. De esta misma manera se presentarán los análisis y resultados finales del alineamiento transversal, mientras que el alineamiento vertical y horizontal se presentara por zonas homogéneas tal y como lo recomienda la PIARC.

En el alineamiento horizontal, se evaluaron los aspectos presentados en el Cuadro 3, los cuales permitieron conocer el comportamiento de los diferentes tipos de curvas presentadas. Algunos fueron evaluados matemáticamente a través de las ecuaciones presentadas en el mismo cuadro, mientras que otros se evaluaron por tablas o indicaciones directas presentadas en la normativa.

Cuadro 3. Parámetros evaluados alineamiento horizontal.

| Diseño Horizontal | | |
|--------------------------------------|---|---|
| Parámetro | Ecuación | Normativa |
| Radio de Curvatura | $R_{Min} = \frac{V^2}{127 * (e + f)}$ | Manual de seguridad vial PIARC |
| Longitud Mínima de la Curva | Curva Espiral | Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008 |
| | $A_{min} = \sqrt{\frac{V_{CH} * R_c}{46.656 * J} \left[\frac{V_{CH}^2}{R_c} - (1.27 * E) \right]}$ | |
| Entretangencia Mínima* | X= Velocidad Especifica de una de las curvas (m/s) * tiempo de 5 segundos. | Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008 |
| Distancia de Visibilidad de Parada** | $D_p = 0.695 * V_{operacion} * \frac{V_{operacion}^2}{87.18}$ | Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008 |

Fuente: Elaboración Propia

*. Es importante aclarar que la Entretangencia mínima solo se analizó para los tramos rectos de las curvas circulares, pues la normatividad indica que para las curvas espirales se preside de Entretangencia.

** . Para el Chequeo de este parámetro, se tuvo en cuenta que la distancia de Entretangencia horizontal en un 80%, fuera mayor que la distancia de visibilidad de parada, para efectos de seguridad a la hora de realizar la maniobra.

Para la evaluación de los siguientes criterios no fue necesaria la aplicación de métodos matemáticos, su análisis se basó en la aplicación directa de las normativas.

El diseño geométrico de una vía se debe definir en relación directa con la velocidad a la que se desea circulen los vehículos en condiciones aceptables de comodidad y seguridad., por ello, para determinar la velocidad de diseño, se consideró lo establecido en la tabla 2.1 (ver Figura 5) del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS 2008.

Figura 5. Tabla 2.1 Velocidad de Diseño de un Tramo

| CATEGORÍA DE LA CARRETERA | TIPO DE TERRENO | VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h) | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | |
| Primaria de dos calzadas | Plano | | | | | | | /// | /// | /// | /// | /// |
| | Ondulado | | | | | | | /// | /// | /// | /// | /// |
| | Montañoso | | | | | | /// | /// | /// | /// | /// | |
| | Escarpado | | | | | | /// | /// | /// | /// | /// | |
| Primaria de una calzada | Plano | | | | | | | /// | /// | /// | /// | |
| | Ondulado | | | | | | | /// | /// | /// | /// | |
| | Montañoso | | | | | /// | /// | /// | /// | /// | /// | |
| | Escarpado | | | | | /// | /// | /// | /// | /// | /// | |
| Secundaria | Plano | | | | | | | /// | /// | /// | /// | |
| | Ondulado | | | | | | | /// | /// | /// | /// | |
| | Montañoso | | | | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | |
| | Escarpado | | | | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | |
| Terciaria | Plano | | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | /// | /// | | | | | | | |
| | Montañoso | /// | /// | /// | /// | | | | | | | |
| | Escarpado | /// | /// | /// | /// | | | | | | | |

Fuente: (INVIAS, 2008)

Otro criterio importante, fue la determinación del peraltado máximo de la vía, también se determinó en base a lo establecido por manual INVIAS 2008, en el numeral 3.1.3.2. “PERALTE MAXIMO PARA CARRETERAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS: *Para estos tipos de vías establece como peralte máximo ocho por ciento (8%), el cual permite no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores, especialmente a los vehículos con centro de gravedad muy alto y a los vehículos articulados (tracto – camión con remolque) los cuales pueden tener un potencial de volcamiento de su carga al circular por curvas con peraltes muy altos.*”

Por otra parte, en el alineamiento vertical, se hizo énfasis en los elementos de diseño de las curvas mostrados a continuación, ver Cuadro 4, lo cual permitió conocer si la longitud de las curvas verticales, es la suficiente para producir la variación gradual de la pendiente desde su tangente de entrada hasta su tangente de salida sin que se generen cambios bruscos en la curvatura.

Es importante recordar que la evaluación se realizó de acuerdo a lo suministrado por la concesión.

Cuadro 4. Parámetros evaluados alineamiento Vertical.

| Diseño de Curvas Verticales | | |
|---|---------------------------------|--|
| Parámetro | Ecuación | Normativa |
| Longitud mínima de la curva vertical (Criterio de Operación) | $L_{Min} = 0.6 * V_{operación}$ | Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008 |
| Parámetro K mínimo (Parámetro Adimensional) | Curvas cóncavas: 18 | Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008 |
| | Curvas convexas: 11 | |

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar y no menos importante, en el alineamiento transversal, se evaluaron parámetros tales como, ancho de calzada, pendiente transversal en entretangencias horizontales y ancho de berma (Figura 6 a la Figura 8), de acuerdo a los diseños magnéticos suministrados por la concesión.

Figura 6. Tabla 5.2 Ancho de Calzada

| CATEGORÍA DE LA CARRETERA | TIPO DE TERRENO | VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}) (km/h) | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| Primaria de dos calzadas | Plano | - | - | - | - | - | - | 7.30 | 7.30 | 7.30 | 7.30 |
| | Ondulado | - | - | - | - | - | - | 7.30 | 7.30 | 7.30 | 7.30 |
| | Montañoso | - | - | - | - | - | 7.30 | 7.30 | 7.30 | 7.30 | - |
| | Escarpado | - | - | - | - | - | 7.30 | 7.30 | 7.30 | - | - |
| Primaria de una calzada | Plano | - | - | - | - | - | - | 7.30 | 7.30 | 7.30 | - |
| | Ondulado | - | - | - | - | - | 7.30 | 7.30 | 7.30 | 7.30 | - |
| | Montañoso | - | - | - | - | 7.30 | 7.30 | 7.30 | 7.30 | - | - |
| | Escarpado | - | - | - | - | 7.00 | 7.00 | 7.00 | - | - | - |
| Secundaria | Plano | - | - | - | - | 7.30 | 7.30 | 7.30 | - | - | - |
| | Ondulado | - | - | - | 7.00 | 7.30 | 7.30 | 7.30 | - | - | - |
| | Montañoso | - | - | 6.60 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | - | - | - | - |
| | Escarpado | - | - | 6.00 | 6.60 | 7.00 | - | - | - | - | - |
| Terciaria | Plano | - | - | 6.00 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Ondulado | - | 6.00 | 6.00 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Montañoso | 6.00 | 6.00 | 6.00 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Escarpado | 6.00 | 6.00 | - | - | - | - | - | - | - | - |

Fuente: (INVIAS, 2008)

Figura 7. Tabla 5.3 Bombeo de Calzada.

| TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA | BOMBEO (%) |
|---|------------|
| Superficie de concreto hidráulico o asfáltico | 2 |
| Tratamientos superficiales | 2 – 3 |
| Superficie de tierra o grava | 2 – 4 |

Fuente: (INVIAS, 2008)

Figura 8. Tabla 5.4 Ancho de Berma.

| CATEGORÍA DE LA CARRETERA | TIPO DE TERRENO | VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}), km/h | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|--|------|------|------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| Primaria de dos calzadas ¹ | Plano | - | - | - | - | - | - | 2.5/1.0 | 2.5/1.0 | 2.5/1.0 | 2.5/1.0 |
| | Ondulado | - | - | - | - | - | - | 2.0/1.0 | 2.0/1.0 | 2.5/1.0 | 2.5/1.0 |
| | Montañoso | - | - | - | - | - | 1.8/0.5 | 1.8/0.5 | 1.8/0.5 | 2.0/1.0 | - |
| | Escarpado | - | - | - | - | - | 1.8/0.5 | 1.8/0.5 | 1.8/0.5 | - | - |
| Primaria de una calzada | Plano | - | - | - | - | - | - | 2.00 | 2.00 | 2.50 | - |
| | Ondulado | - | - | - | - | - | 1.80 | 2.00 | 2.00 | 2.50 | - |
| | Montañoso | - | - | - | - | 1.50 | 1.50 | 1.80 | 1.80 | - | - |
| | Escarpado | - | - | - | - | 1.50 | 1.50 | 1.80 | - | - | - |
| Secundaria | Plano | - | - | - | - | 1.00 | 1.50 | 1.80 | - | - | - |
| | Ondulado | - | - | - | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 1.80 | - | - | - |
| | Montañoso | - | - | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| | Escarpado | - | - | 0.50 | 0.50 | 0.50 | - | - | - | - | - |
| Terciaria ² | Plano | - | - | 1.00 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Ondulado | - | 0.50 | 1.00 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Montañoso | 0.50 | 0.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Escarpado | 0.50 | 0.50 | 0.50 | - | - | - | - | - | - | - |

Fuente: (INVIAS, 2008)

5. RESULTADOS

Este capítulo contiene el análisis y resultados de manera detallada, logrados luego de llevar a cabo la revisión bibliográfica y el desarrollo de la metodología descrita en el capítulo anterior, para así realizar el estudio de seguridad vial a nivel de diseño geométrico y definir las deficiencias y/o virtudes del proyecto vial “Concesión Costera Cartagena- Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad.

Este consta de dos etapas, la primera es referente a el análisis de accidentalidad comprendido en un periodo de tres años teniendo como año base el 2015, el cual tiene como objetivo la identificación de tramos críticos y zonas de alta, media y baja densidad en vía de estudio antes de realizar la intervención, la segunda comprende el análisis y evaluación de los parámetros del diseño geométrico como lo son el alineamiento vertical, horizontal y transversal considerados en esta investigación, y por ultimo realizar recomendaciones para las falencias o bondades identificadas en el nuevo diseño proyectado.

Estas dos etapas actuaron puntos relevantes para lograr el objetivo general de esta investigación fundamentándose en las normativas vigentes en diseño geométrico y seguridad vial, como lo son el Manual de Diseño Geométrico (INVIAS, 2008) y Road Safety Manual (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003) respectivamente.

5.1 ESTUDIO DE ACCIDENTALIDAD

Los datos de accidentalidad en la ruta de estudio, permitió determinar el número de accidentes y los puntos de la vía donde se presentan la gran mayoría. Para este análisis se tuvo en cuenta los datos suministrados por entidades como: Policía Nacional y Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). A partir del año 2015 a Julio del 2017.

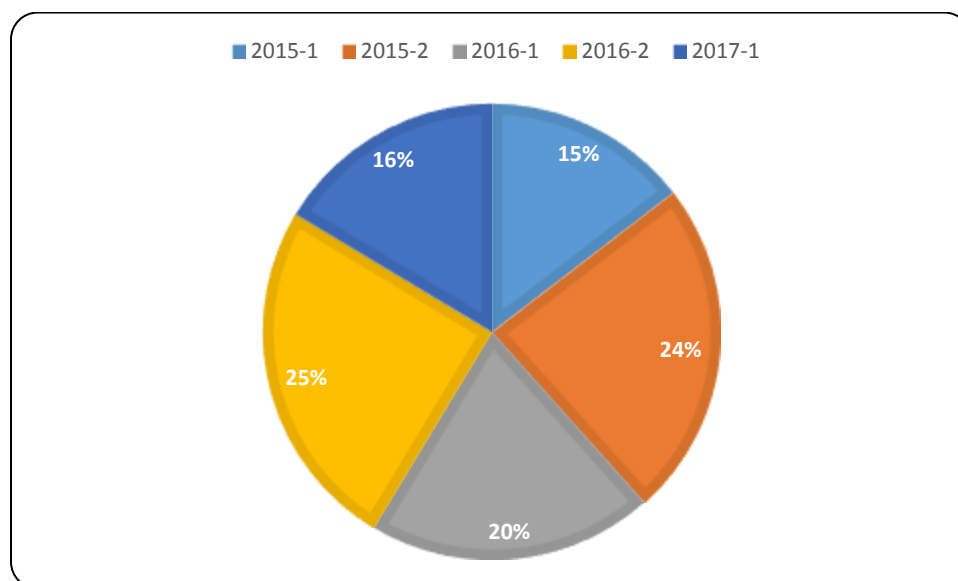
Con la intención de identificar los accidentes en el tramo de estudio comprendido desde el K0+000 al K7+500 se realizó la variación y comparación de número de accidentes en el periodo anterior mencionado. Los resultados se observan en el Cuadro 5 y Figura 9.

Cuadro 5. Variación de accidentalidad por año

| Periodo | N° de Accidentes |
|---------------|------------------|
| 2015 | 169 |
| 2016 | 199 |
| 2017-1 | 72 |
| Total | 440 |

Fuente: (Policia Nacional, 2017)

Figura 9. Variación de accidentalidad por semestre en años de estudio (numeración correcta)



Fuente: Elaboración Propia

Los accidentes entre los semestres 2015-2 y 2016-2 no presentan una variación significativa, pero en el periodo 2015-1 es notoria el crecimiento de accidentalidad con respecto al periodo 2016-1 de un 4%, siendo así, el crecimiento poco relevante. Cabe resaltar la comparación del primer semestre del 2015 con respecto al año 2017-1 la variación es del 1% por lo que la intervención de la doble calzada pudo interferir o prevenir

la incidencia de accidentes por el manejo del tránsito que ha ejecutado la Concesión Costera Cartagena-Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad a cargo del proyecto.

5.1.1 Sectorización de tramos e identificación de Zonas Homogéneas.

Luego de realizar la identificación de los accidentes en el tramo de estudio, en el cuadro 5 se presenta la sectorización y caracterización de las zonas homogéneas con respecto a sus características semejantes, además la concentración y localización de accidentes en la vía de estudio, como se puede observar en la Figura 10.

Figura 10 Identificación espacial de Zonas Homogéneas según concentración de accidentes en la Vía al Mar de Cartagena durante el 2015 y 2017-1



Fuente: Elaboración Propia. Google Earth

Cuadro 6. Caracterización de Zonas Homogéneas

| UNIDAD FUNCIONAL | SECTOR | Zona Homogénea | Nombre del Sub-Sector | Abscisa inicial | Abscisa Final | Longitud (m) |
|------------------|------------------------------|----------------|--|-----------------|---------------|--------------|
| UF1 | 1 | 1 | Club de Suboficiales de cresco | K0+354 | K0+750 | 396 |
| | | 2 | Puente la Bocana | K0+750 | K1+050 | 300 |
| | | 3 | Blas el teso | K1+050 | K1+500 | 450 |
| | | 4 | Hotel las Américas-Centro de Convenciones las Américas | K1+500 | K2+300 | 800 |
| UF2 | 2 | 5 | Zona Hotelera y Turística | K2+300 | K2+850 | 550 |
| | | 6 | La Boquilla | K2+850 | K3+400 | 550 |
| | | 7 | Sector antes de los puentes | K3+400 | K4+400 | 1000 |
| | | 8 | Puente Caño Luisa - Puente la Boquilla | K4+400 | K5+800 | 1400 |
| | 3 | 9 | Puente el Cañón | K5+800 | K6+700 | 900 |
| | | 10 | Tierra Baja | K6+700 | K7+300 | 600 |
| | | 11 | Arroyo de Piedra | K7+300 | 0 | 450 |
| | # de Zonas Homogéneas | 11 | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Se identificaron 11 Zonas homogéneas según frecuencia y concentración de eventos, las cuales poseen características geométricas similares.

Cuadro 7 Características geométricas vía de estudio

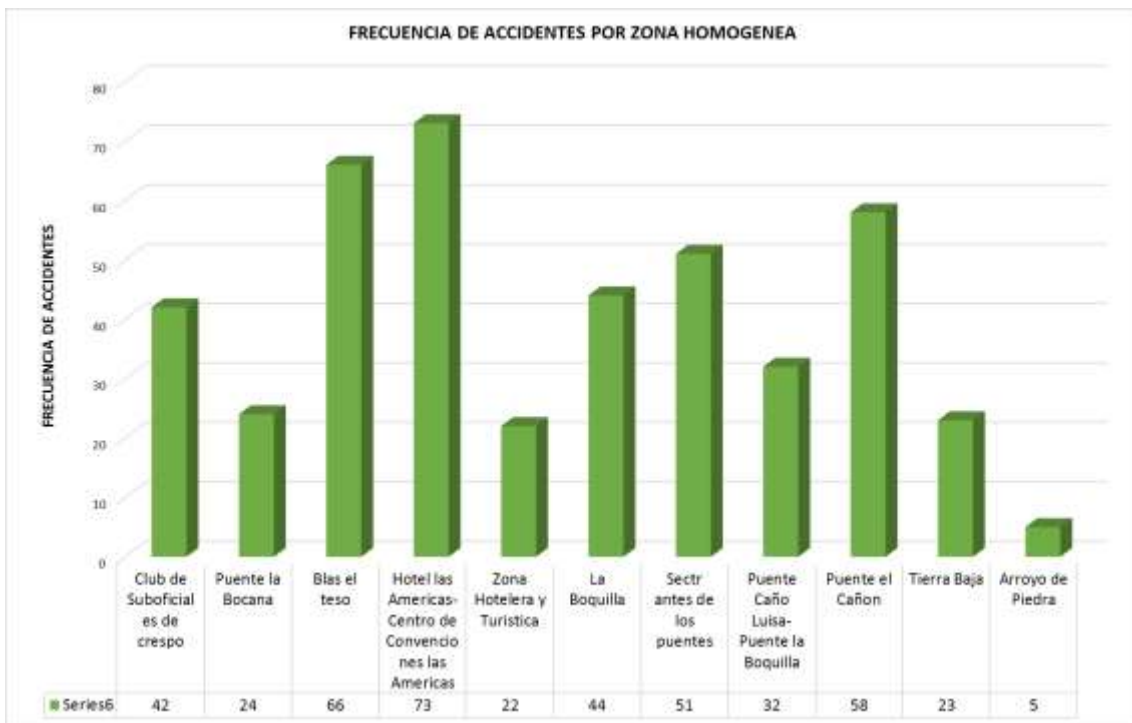
| Especificaciones | | Unidad |
|----------------------------|---------------|--------|
| Velocidad de operación | 90 | Km/h |
| Sentido de carriles | Bidireccional | |
| Ancho de carril | 3.7 | m |
| Ancho de berma | 1.2-2 | m |
| N° de carriles por calzada | 2 | |

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Cálculo de Indicadores de accidentalidad

Un resumen estadístico de la frecuencia de accidentes se muestra en el Cuadro 12. A su vez en el Histograma se muestra la distribución de los accidentes por Zonas Homogéneas figura 11.

Figura 11 Distribución frecuencia de accidentes por zona homogénea



Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 8. Distribución de la frecuencia de accidentes en Zonas Homogéneas analizadas por zona homogénea

| UNIDAD FUNCIONAL | SECTOR | Zona Homogénea | Nombre del Sub-Sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------|--|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| UF1 | 1 | 1 | Club de Suboficiales de cresco | 24436 | 8246.45 | 42 |
| | | 2 | Puente la Bocana | | | 24 |
| | | 3 | Blas el tesoro | | | 66 |
| | | 4 | Hotel las Américas-Centro de Convenciones las Américas | | | 73 |
| UF2 | 2 | 5 | Zona Hotelera y Turística | 21251 | 11061.72 | 22 |
| | | 6 | La Boquilla | | | 44 |
| | | 7 | Sector antes de los puentes | | | 51 |
| | | 8 | Puente Caño Luisa - Puente la Boquilla | | | 32 |
| | 9 | Puente el Cañón | 58 | | | |
| | 3 | 10 | Tierra Baja | 19884 | 2822.9 | 23 |
| | | 11 | Arroyo de Piedra | | | 5 |
| | # de Zonas Homogéneas | 11 | Total de Frecuencia de Accidentes | | | 440 |

Fuente: Elaboración propia: Elaboración propia

Se puede identificar por medio de la frecuencia de accidentes en las zonas de Club de sub-oficiales de crespo, Blas el Teso, Hotel las Américas-Centro de Convenciones las Américas, La Boquilla, Sector antes de los puentes, Puente el Cañón como los sectores con más números de siniestros. La figura 12, muestra la densidad de accidentalidad vial por rango de frecuencia de accidentes.

Figura 12 Plano general de Densidad de accidentalidad vial por Zonas Homogéneas

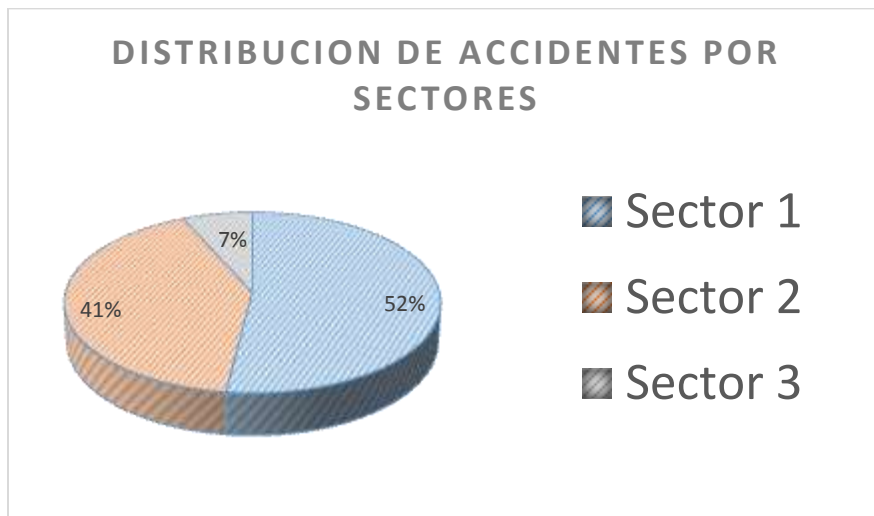


Fuente: Elaboración Propia. Google Earth

Con respecto a la totalidad de frecuencia de accidentes en el periodo de estudio, los sectores con mayor porcentaje de incidencia fueron los sectores uno y dos con una distribución del 52% y 47% respectivamente para el sector del Club de sub-oficiales de Crespo y La Boquilla. Y un porcentaje mínimo del 7% para el sector de Tierra Baja como se observa en la Figura 13.

Es así, como se puede relacionar que la frecuencia de accidentes esta inclinada hacia los lugares de altos volúmenes de tránsito (PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety, 2003). Lo cual la estrecha relación entre estas variables nos permitió evaluar y estimar los indicadores de accidentes mencionados en el cuadro 9.

Figura 13 Distribución Porcentual de Frecuencia de Accidentes por Sectores



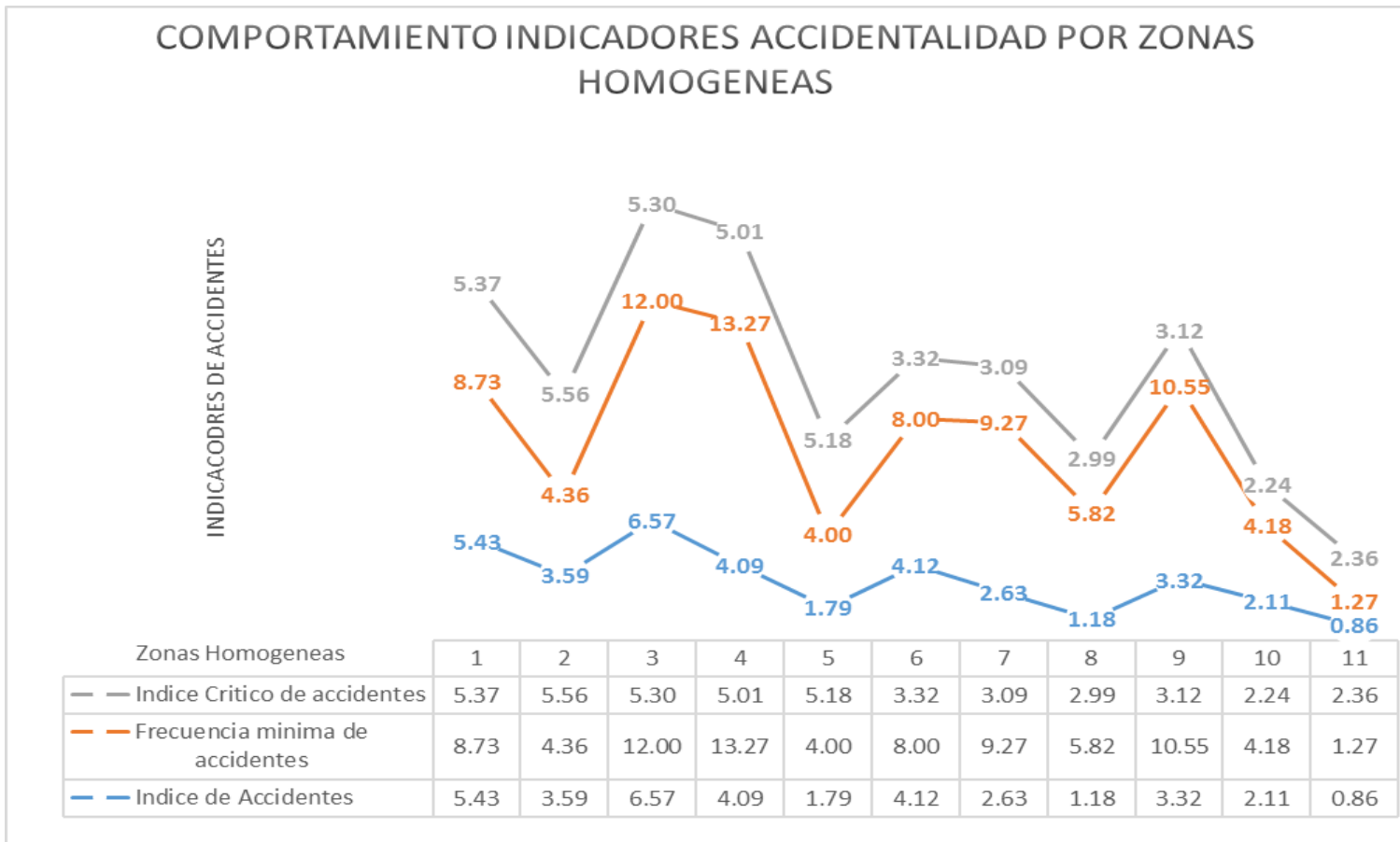
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9, Indicadores de Accidentalidad por sectores y zonas homogéneas.

| SECTOR | Nombre del Sub - sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|--|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 1 | Club de Suboficiales de cresco | 24436 | 8246.65 | 48 | 4.36 | 8.7 | 5.43 | 4.18 | 8.37 | 5.37 |
| | Puente la Bocana | 24436 | | 24 | 2.18 | 4.4 | 3.59 | | | 5.56 |
| | Blas el tesó | 24436 | | 66 | 6.00 | 12.0 | 6.57 | | | 5.30 |
| | Hotel las Américas-Centro de Convenciones las Américas | 24436 | | 73 | 6.64 | 13.3 | 4.09 | | | 5.01 |
| | Zona Hotelera y Turística | 24436 | | 22 | 2.00 | 4.0 | 1.79 | | | 5.18 |
| 2 | La Boquilla | 21250 | 11061.72 | 44 | 4.00 | 8.0 | 4.12 | 2.48 | 4.95 | 3.32 |
| | Sector antes de los puentes | 21250 | | 51 | 4.64 | 9.3 | 2.63 | | | 3.09 |
| | Puente Caño Luisa-Puente la Boquilla | 21250 | | 32 | 2.91 | 5.8 | 1.18 | | | 2.99 |
| | Puente el Cañón | 21250 | | 58 | 5.27 | 10.5 | 3.32 | | | 3.12 |
| 3 | Tierra Baja | 19884 | 2822.90 | 23 | 2.09 | 4.2 | 2.11 | 1.57 | 3.15 | 2.24 |
| | Arroyo de Piedra | 19884 | | 7 | 0.64 | 1.3 | 0.86 | | | 2.36 |

Fuente: Elaboración Propia

Figura 14 Comportamiento indicadores de accidentalidad por zona homogénea.



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 14, se visualiza la variación y comportamiento de los indicadores de accidentalidad por sector evaluado. Entre los indicadores más elevados tenemos la zona homogénea 1,3,4,6,7 y 9, conocidas como Club de suboficiales de Crespo, Blas el Teso, Hotel las Américas, La boquilla, Sector antes de los puentes y Puente Cañón, respectivamente. Es notable que en el desarrollo de este proyecto a pesar que no todos son identificados según el criterio de la PIARC como “lugares peligrosos” es evidente que son zonas que presentan indicios de convertirse en zonas críticas. Por ejemplo, la gran cantidad de giros a la izquierda que se ven obligados los conductores para acceder a destinos de la calzada izquierda en sentido Cartagena-Barranquilla, por lo cual, el manejo de las intersecciones no cuenta con las mejores condiciones, permitiendo giros a la izquierda en todas las intersecciones las cuales no presenta delineados todos los movimientos permitidos.

Es de agregar, que existe una alta demanda de flujo peatonal forzado a transitar longitudinal por la berma de la vía y transversalmente sobre esta, ya que no cuenta con pasos peatonales adecuados y la población vulnerable como niños, ancianos y minusválidos no cuentan con facilidades. Es así, como estas zonas se pueden identificar como zonas turísticas y residenciales, por lo tanto, la evidencia de paraderos que permitan el ascenso y descenso seguro de los usuarios de transporte público, las rutas intermunicipales recogen y dejan pasajeros en cualquier punto del recorrido. Por el contrario de las zonas con picos bajos, su tráfico de volumen vehicular es casi bajo, ya que la gran cantidad de lo usuarios de la vía acceden a la zona comercial, residencial y turística. Poseen andenes, que permiten el tránsito seguro de los peatones. Estos sectores según el volumen vehicular que manejan son mayores en las zonas con altos índices de accidentalidad, pero en estos bajos el tránsito se reduce por que ya han accedido a su destino final.

5.1.3 Identificación de lugares peligrosos y no peligrosos

Siguiendo los criterios planteados anteriormente en la figura 14. Se identificaron los Lugares peligrosos y no peligrosos por zonas homogéneas donde el índice de accidentes excede el índice de accidentes críticos, en el Cuadro 10 se muestran los valores estimados y la identificación de los lugares.

Cuadro 10. Identificación de lugares peligrosos y NO peligrosos.

| SECTOR | Nombre del Sub - sector | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) | Evaluación Niveles de Seguridad |
|--------|---|---------------------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | Club de Suboficiales de cresco | 5.43 | 5.37 | LUGAR PELIGROSO |
| | Puente la Bocana | 3.59 | 5.56 | LUGAR NO PELIGROSO |
| | Blas el teso | 6.57 | 5.30 | LUGAR PELIGROSO |
| | Hotel las Américas-Centro de Convenciones las Américas | 4.09 | 5.01 | LUGAR NO PELIGROSO |
| | Zona Hotelera y Turística | 1.79 | 5.18 | LUGAR NO PELIGROSO |
| 2 | La Boquilla | 4.12 | 3.32 | LUGAR PELIGROSO |
| | Sector antes de los puentes | 2.63 | 3.09 | LUGAR NO PELIGROSO |
| | Puente Caño Luisa- Puente la Boquilla | 1.18 | 2.99 | LUGAR NO PELIGROSO |
| | Puente el Cañón | 3.32 | 3.12 | LUGAR PELIGROSO |
| 3 | Tierra Baja | 2.11 | 2.24 | LUGAR NO PELIGROSO |
| | Arroyo de Piedra | 0.86 | 2.36 | LUGAR NO PELIGROSO |

Fuente: Elaboración Propia

Tal como se refleja en el Cuadro 10 fueron identificados un total de 4 zonas peligrosas a lo largo del tramo de estudio del total de zonas analizadas que corresponden al 36.3% de estas. En el Cuadro 11 se presenta un resumen de acuerdo a los sectores al que pertenece cada zona homogénea.

Cuadro 11. Identificación de Zonas Homogéneas Críticas por Sectores

| Sector | Numero de zonas homogéneas | Numero de zonas homogéneas críticas según frecuencia de accidentes |
|--------------------------|----------------------------|--|
| 1. Club Sub-oficiales de | 5 | 2 |
| 2. La Boquilla | 4 | 2 |
| 3. Tierra Baja | 2 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Es notorio que la gran mayoría de zonas críticas se encuentran ubicadas en los dos primeros sectores, los cuales presentan una distribución del 40% para el sector de Club de sub-Oficiales de Crespo y un 50% para el sector de la Boquilla y un 0% para el sector de Tierra Baja que pueden ser considerados “ Lugares peligrosos” (PIARC, 2003) a nivel de seguridad vial.

En la figura 15, se visualiza la identificación de zonas críticas.

Figura 15. Identificación de zonas críticas



Fuente: Elaboración propia. Google Earth

5.2 EVALUACION DE DISEÑO GEOMETRICO

La infraestructura vial es el elemento principal para la movilidad, lo cual debe considerar el uso de terrenos y planificación de la red para garantizar al usuario de la vía seguridad y/o evitar accidentes por inconsistencias del diseño. Por lo tanto, el diseño geométrico de una vía debe cumplir con normativa y parámetros de seguridad para disminuir riesgos de accidentalidad ante el factor de infraestructura.

Para la evaluación del diseño geométrico se consideraron las especificaciones del Manual de Diseño Geométrico (INVIAS, 2008). El análisis fue realizado con planos en medio magnético, informe de diseño geométrico y material anexo suministrado por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Como se mencionó en el capítulo de la metodología, el análisis del alineamiento transversal se realizó por calzadas de las diferentes unidades funcionales.

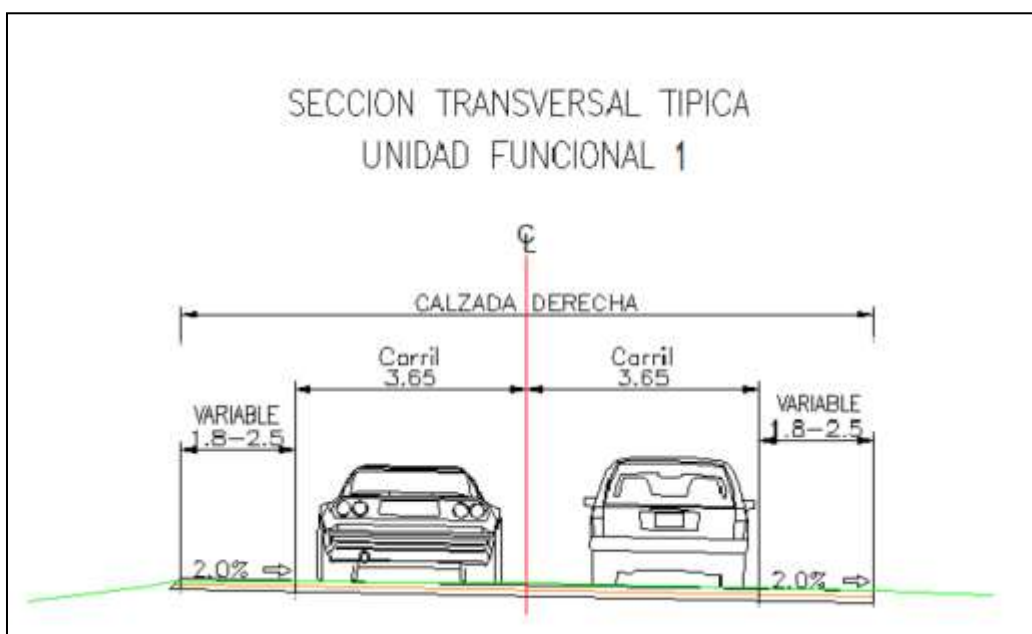
A continuación, se muestra en el Cuadro 12 y 13 las especificaciones de diseño de las unidades funcionales consideradas por la ANI.

Cuadro 12. Especificaciones de diseño Unidad Funcional 1

| REQUISITO TÉCNICO | CALZADA DERECHA | CALZADA IZQUIERDA | CALZADA DE SERVICIO |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | K0+000 K1+905 | K0+ 354.27 K7+483.00 | K1+225.00 K4+330.55 |
| Requisito Técnico | Calzada derecha | Calzada izquierda | Calzada de servicio |
| Funcionalidad | Primaria | Primaria | Interna de Servicio |
| Long. Aproximada (Km) | 1.905 | 7.13 | 3.1 |
| Velocidad de Diseño (Km/h) | 60 | 60 | 30 |
| Peralte Máximo (%) | 8 | 8 | 6 |
| Radio Mínimo (m) | 135 | 135 | 55 |
| Pendiente mínima (%) | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Pendiente Máxima (%) | 5 | 5 | 4.06 |
| Ancho de calzada(m) | 10.8 | 10.8 | 6 |
| Ancho de berma mínimo(m) | 2.50/1.00 | 1.8/1.80 | 1 |

Fuente: (ANI, 2016), adaptado por: Autores

Figura 16. Sección transversal típica Unidad funcional 1



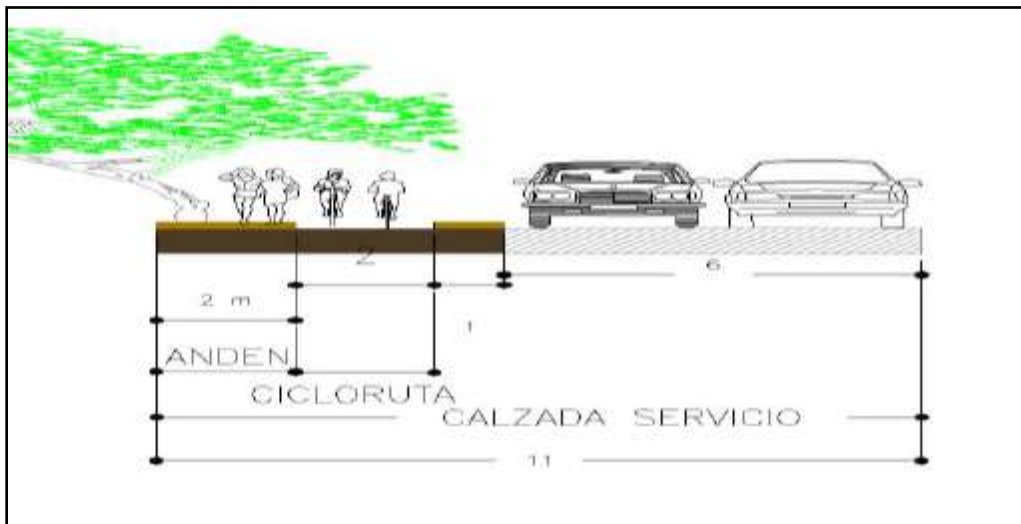
Fuente: (ANI, 2016)

Cuadro 13. Especificaciones de diseño Unidad Funcional 2

| PARÁMETRO DE DISEÑO | UNIDAD | VALOR |
|---------------------------|--------|----------|
| Tipo de Vía | N. A | Primaria |
| Tipo de terreno | N. A | Plano |
| Velocidad de diseño | Km/h | 60 |
| Ancho de carril | m | 3.65 |
| Ancho de berma | m | 1.80 |
| Ancho de calzada | m | 7.30 |
| Radio mínimo de curvatura | m | 150 |
| Peralte Máximo | % | 8.0 |
| Pendiente Long. Máxima | % | 0 |

Fuente: (ANI, 2016), adaptado por: Autores

Figura 17. Sección transversal Calzada de servicio



Fuente: (ANI, 2016)

Después de analizar la información de los cuadros 12 y 13, y compararla con lo indicado por la normatividad (teniendo en cuenta las tablas y consideraciones expuestas en la metodología de este trabajo) se infiere que los parámetros de velocidad de diseño, peralte

máximo, ancho de calzada y ancho de berma se encuentran cumpliendo con los requerimientos mínimos de diseño, para cada una de las calzadas proyectadas en ambas unidades funcionales.

5.2.1 Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 1 Club de Sub-Oficiales de Crespo

La zona homogénea Club de Sub-oficiales de Crespo está caracterizada según el concesionario como parte de la Unidad Funcional 1, con funcionalidad de doble calzada. Esta zona se caracteriza por el alto volumen de peatones y es colindante con zonas y accesos, urbanos y turísticos. En el proceso de evaluación de los diseños del proyecto se pudo identificar que a pesar de ser una zona con alta demanda peatonal y vehicular no se proyectaron soluciones peatonales como senderos y paraderos de transporte urbano. (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016) Por otra parte, en la Sección 5.1 del presente estudio la zona fue identificada como “Lugar Peligroso” (PIARC, 2003) teniendo en cuenta indicadores como Frecuencia de Accidentalidad, Índice de accidentes e índice crítico de accidentes, después de realizar el análisis de accidentalidad, se evidencio que la zona homogénea maneja indicadores mayores a los índices críticos, catalogándose en los sitios críticos del tramo. Es así, como la zona justifica un detallado estudio de sus parámetros geométricos del nuevo diseño proyectado.

Cuadro 14 Indicadores de Accidentalidad para la Zona Homogénea 1

| SECTOR | Nombre del Sub - sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|--------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 1 | Club de Suboficiales de crespó | 24436 | 8246.65 | 48 | 4.36 | 8.7 | 5.43 | 4.18 | 8.37 | 5.37 |

Fuente: Elaboración Propia

En primera instancia se evaluó el alineamiento vertical, se identificaron 3 curvas verticales en la zona de estudio y en cada curva se chequeo la longitud mínima y el K mínimo, en el

Cuadro 15 se muestra los valores de cada parámetro, el valor mínimo que debe cumplir por norma y el criterio de evaluación comparado con la norma (INVIAS, 2008).

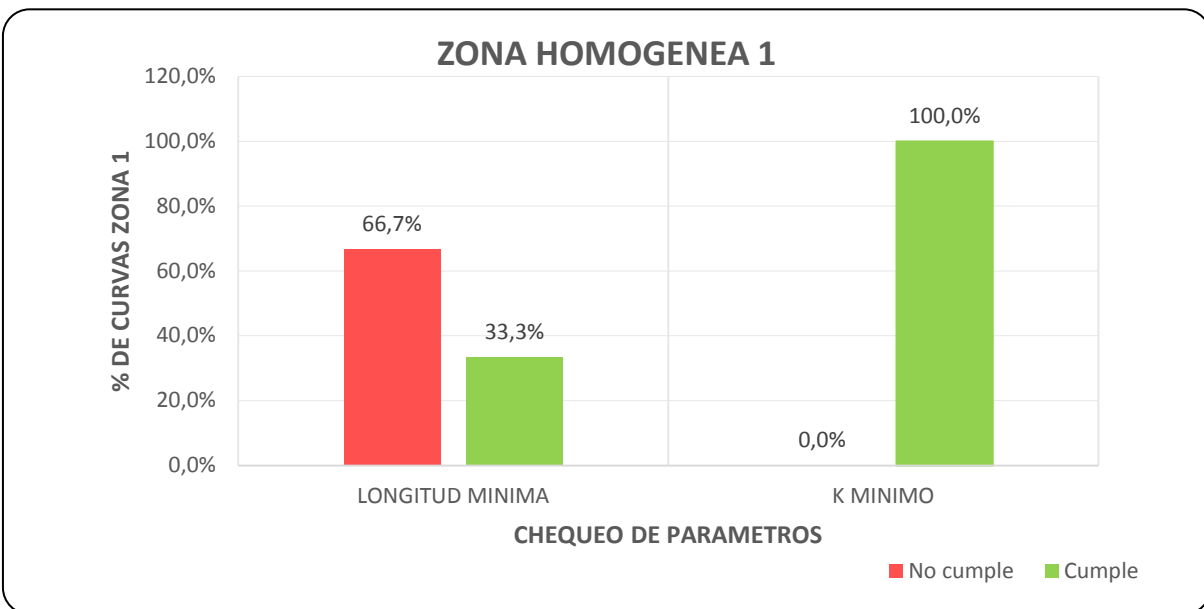
Cuadro 15. Curvas verticales zona homogénea 1.

| CURVAS VERTICALES ZONA HOMOGENEA- CLUB DE SUB-OFICIALES DE CRESPO | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NUMERO DE CURVAS | PIV | NOMBRE CURVAS VERTICALES | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | LONGITUD MINIMA - INVIAS 2008 | CHEQUEO DE LA LONG MIN SEGÚN NORMA | K MÍNIMO | K MINIMO- INVIAS 2008 | CHEQUEO DEL K MINIMO, SEGÚN NORMA. |
| LUGAR PELIGROSO | 3 | K0+078 | CVD-1 | 15 | 36 | NO CUMPLE | 12.296 | 11 | CUMPLE |
| | | K0+105 | CVD-2 | 12 | 36 | NO CUMPLE | 18.1 | 18 | CUMPLE |
| | | K0+544 | CVI - 01 | 40 | 36 | CUMPLE | 66.72 | 18 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar el análisis y evaluó de los parámetros para las curvas verticales, en la Cuadro 16 se evidencia que el 66.7% de las curvas tienen longitud por debajo de la longitud mínima de diseño propuesta por el INVIAS y el 33.3% cumple con el requisito de la normativa, Por su parte el K mínimo en su totalidad cumple con el requisito de diseño. Como bien se sabe, el alineamiento vertical busca determinar si la longitud de las curvas verticales, es la suficiente para producir la variación gradual de la pendiente desde su tangente de entrada hasta su tangente de salida sin que se generen cambios bruscos en la curvatura, y satisfaciendo los requisitos de la distancia de visibilidad de parada chequeada con el parámetro de K mínimo, es decir, requisito conocido como criterio de seguridad.

Cuadro 16. Porcentaje del comportamiento de los parámetros de diseño para curvas Verticales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la evaluación del alineamiento horizontal se encontró que solo de 3 curvas horizontales, un cumple con los requerimientos de la normativa, solo el 33% no cumple con el parámetro de entre tangencia, radio mínimo y distancia de visibilidad de parada. Cabe resaltar como bondades o mejoras del diseño de este tramo el empleo de curvas espirales que proporcionan al conductor una trayectoria natural y fácil de seguir, al igual que permite el desarrollo de la transición de peralte en su longitud y proporciona una mejora considerable en la apariencia y en una percepción clara al cambio de curvatura,

orientando adecuadamente al conductor y creando alineamientos armoniosos en relación a las curvas circulares.

En la figura 18 se evidencia la ubicación espacial de las curvas horizontales en la zona de estudio Club de Sub-Oficiales de Crespo.

Figura 18 Ubicación Espacial de Curvas Horizontales zona homogénea 1



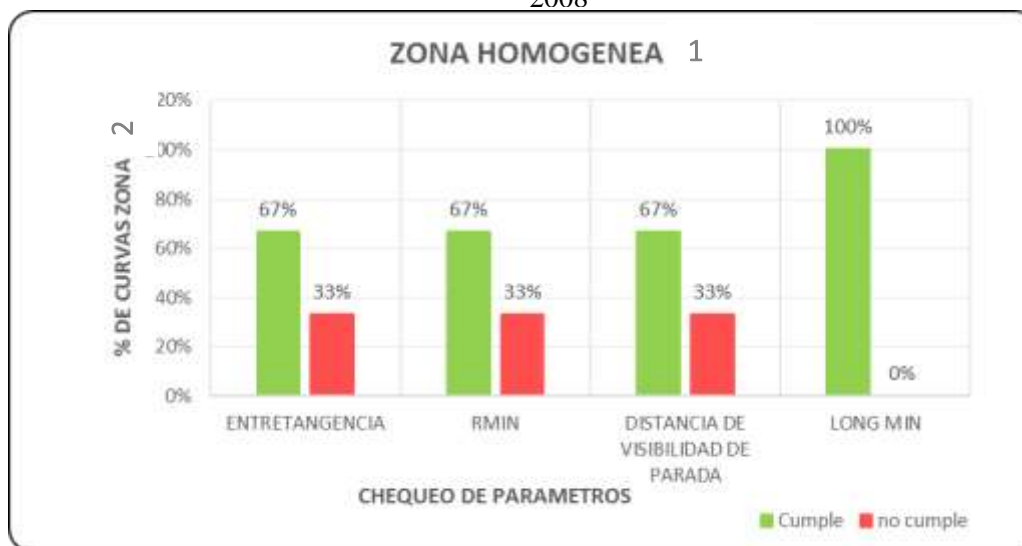
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 17 Curvas Horizontales zona homogénea 1

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 1- CLUB DE SUB OFECIALES DE CREPO | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------------|--------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HRZTAL. | ENTRE TANGENCIA (M) | ENTRE TANGENCIA MIN INVIAS 2008 | CHEQUEO ENTRE TANGENCIA | RADIO CURVA (M) | RMIN INVIAS 2008 | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP- INVIAS 2008 | LONG CURVA (M) | LONG MIN CURVA INVIAS 2008 | CHEQUEO LONGITUD MINIMA- SEGÚN NORMA |
| LUGAR PELIGROSO | 1 | 181.23 | 69.4445 | CUMPLE | 85 | 123.03 | NO CUMPLE | 63.4263 | CUMPLE | 51,685 | 51.685 | CUMPPLE |
| | 2 | 0.15 | 83.3335 | NO CUMPLE | 1500 | 177.16 | CUMPLE | 82.9939 | NO CUMPLE | 89,680 | 89.681 | CUMPPLE |
| | 3 | 241.22 | 83.3335 | CUMPLE | 1300 | 177.16 | CUMPLE | 82.9939 | CUMPLE | 97,249 | 97.249 | CUMPPLE |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 18. Porcentaje del comportamiento de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008



5.2.2 Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 2- Puente la Bocana.

Para la evaluación de criterios de la zona homogénea Puente la Bocanas, primeramente se definió como ‘‘Lugar no peligroso’’ (PIARC, 2003) el índice de accidentes es uno de los más bajos de las zonas homogéneas colindantes, aunque no presenta vulnerabilidad en cuanto a índices de accidentalidad como se evidencia en el Cuadro 19, cabe resaltar que es una zona con un alto volumen de demanda peatonal y sin tomar las medidas correctivas puede pontenciar una zona critica, ya que se caracteriza por ser una zona concurrida para la realización de actividades de pesca. En el diseño proyectado se evidencia la ampliación de dos calzadas al Puente de la Bocana el cual cuenta en la calzada izquierda con un sendero peatonal de 2 metros de ancho y bermas de 1 metro, es importante recalcar que no se tomaron medidas para el manejo de peatones que anteriormente visitaban el puente como atractivo pesquero y turístico. En un estudio realizado por la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar (Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolivar, SIAB, 2015) sobre los diseños del presente proyecto se presenta una propuesta de implementar una zona peatonal en el centro del puente por encima del nivel de las calzadas para promover el turismo seguro y actividades pesqueras en el sector.

Cuadro 19 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 2

| SECTOR | Nombre del Sub - sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|-------------------------|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 1 | Puente la Bocana | 24436 | 8246.65 | 24 | 2.18 | 4.4 | 3.59 | 4.18 | 8.37 | 5.56 |

Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, con respecto al alineamiento vertical del proyecto se encontró que en un 100% las curvas presentes cumplen con los requerimientos mínimos del INVIAS 2008 con los parámetros de longitud mínima y K mínimo, como se evidencia en el Cuadro 20 y Cuadro 21.

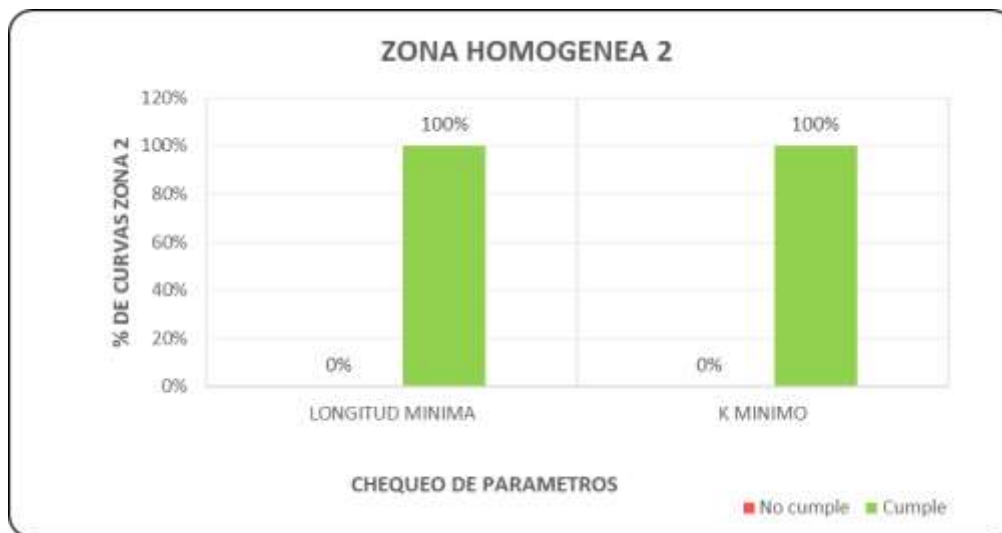
Cuadro 20. Curvas verticales zona homogénea 2

| CURVAS VERTICALES ZONA HOMOGENEA 2 - PUENTE LA BOCANA | | | | | | | | | |
|---|------------------|----------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NUMERO DE CURVAS | PIV | NOMBRE CURVAS VERTICALES | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | LONGITUD MINIMA - INVIAS 2008 | CHEQUEO DE LA LONG MIN SEGÚN NORMA | K MÍNIMO | K MINIMO- INVIAS 2008 | CHEQUEO DEL K MINIMO, SEGÚN NORMA. |
| LUGAR NO PELIGROSO | 1 | K1 + 032 | CVI-02 | 40 | 36 | CUMPLE | 56.33 | 18 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 21. Porcentaje del comportamiento de los parámetros de diseño para curvas Verticales con INVIAS 2008

Fuente: Elaboración propia



En cuanto al alineamiento Horizontal para el parámetro de entretangencia, chequeo de distancia de visibilidad de parada y longitud mínima se debe tener precaución ya que no cumplen con los mínimos requerimientos de la norma INVIAS 2008. Para esto es de relevancia tener en cuenta que el conductor no tendrá visual suficiente para permitir maniobras seguras a lo largo de este tramo. En el Cuadro 17 y figura 23 se evidencia el

chequeo de cada uno de los parámetros y porcentaje de cumplimiento o no cumplimiento por parámetro en la zona de estudio.

En la figura 19 se muestra la ubicación espacial de las curvas horizontales presentes en la zona homogénea.

Figura 19 Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 2



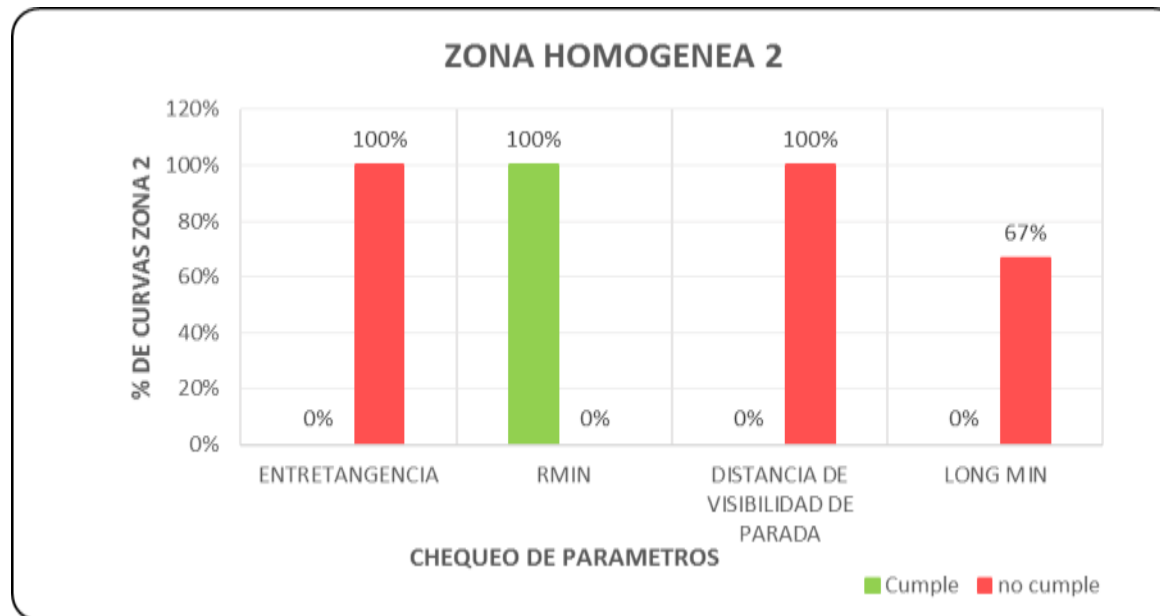
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 22 Curvas Horizontales zona homogénea 2

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 2- PUENTE LA BOCANA | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------------|--------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HRZTAL. | ENTRE TANGENCIA (M) | ENTRE TANGENCIA MIN INVIAS 2008 | CHEQUEO ENTRE TANGENCIA | RADIO CURVA (M) | RMIN INVIAS 2008 | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP- INVIAS 2008 | LONG CURVA (M) | LONG MIN CURVA INVIAS 2008 | CHEQUEO LONGITUD MINIMA- SEGÚN NORMA |
| LUGAR NO PELIGROSO | HI-1 | 3.77 | 83.3335 | NO CUMPLE | 1000 | 143.3811 669 | CUMPPLE | 82.99387474 | NO CUMPLE | 78.2 | 78.20062964 | NO CUMPLE |
| | 4 | - | - | - | 165 | 165 | CUMPLE | - | - | 46.46 | 61.35907485 | NO CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23. Porcentaje del comportamiento de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008



5.2.3 Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 3- Blas el Teso

Para la evaluación del diseño geométrico de la zona homogénea Blas el Teso se caracterizó por tener como nivel de seguridad ‘‘Lugar Peligroso’’ (PIARC, 2003) con respecto a la frecuencia de accidentes e índice de accidentalidad, además es una zona que tiene altos volúmenes de peatones por ser un lugar turístico y aledaño a las playas de Blas el Teso. El cruce de peatones y la subida y bajada de pasajeros del transporte informal es relevante en esta zona que no cuenta con paraderos cercanos. Se evidencio en los diseños la construcción de un paradero peatonal que se conecta con el deprimido del Hotel las Américas, el cual está ubicado a casi 200 metros, lo cual, no satisface la problemática del cruce de peatones en la zona de la playa. Tampoco se proyecta sendero peatonal. Con respecto al alineamiento vertical, evidencia que el 100% de las curvas cumple con el parámetro de longitud mínima y que solo el 60% cumple con el chequeo del K mínimo, como se muestra en el Cuadro 26.

Cuadro 24 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 3

| SECTOR | Nombre del Sub - sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|-------------------------|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 1 | Blas el teso | 24436 | 8246.65 | 66 | 6.00 | 12.0 | 6.57 | 4.18 | 8.37 | 5.30 |

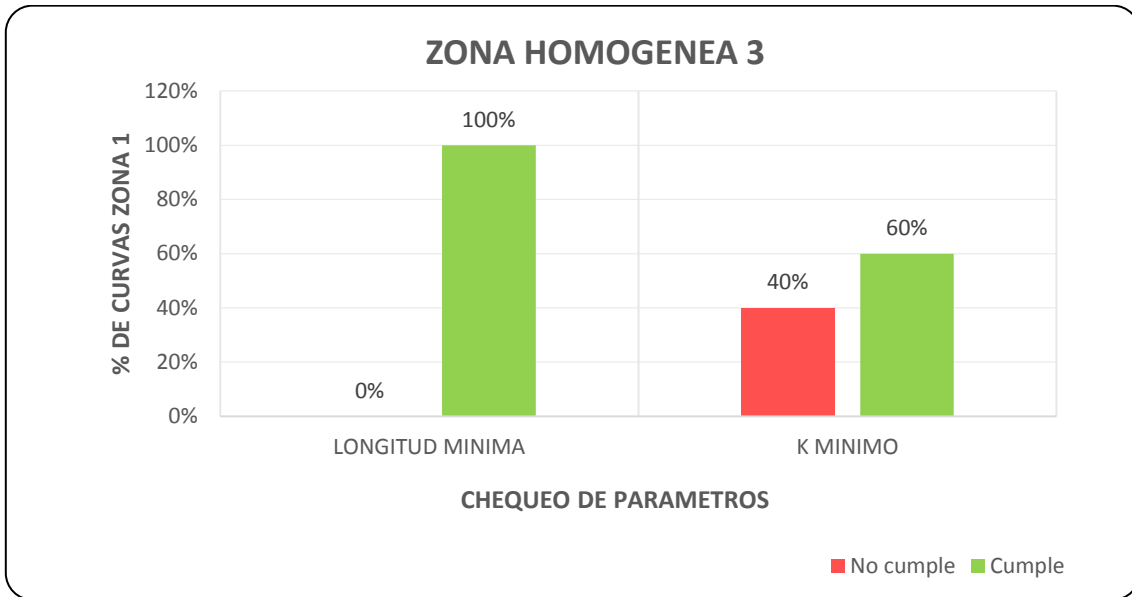
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 25 Curvas verticales zona homogénea 3

| CURVAS VERTICALES ZONA HOMOGENEA 3-BLAS EL TESO | | | | | | | | | | |
|---|------------------|---------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|--|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NUMERO DE CURVAS | PIV | NOMBRE CURVAS VERTICALES | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | LONGITUD MINIMA - INVIAS 2008 | CHEQUEO DE LA LONG MIN SEGÚN NORMA | K MÍNIMO | K MINIMO- INVIAS 2008 | CHEQUEO DEL K MINIMO, SEGÚN NORMA. | |
| LUGAR PELIGROSO | 4 | K 1 + 429.16 | CVD-03 | 48 | 36 | CUMPLE | 47.361 | 18 | CUMPLE | |
| | | K 1 +240.00 | CVI-03 | 40 | 36 | CUMPLE | 44.26 | 11 | CUMPLE | |
| | | K1 + 285.000 | CVS-01 | 20 | 18 | CUMPLE | 5.17 | 11 | NO CUMPLE | |
| | | PIV 1+364.000 | CVS-02 | 35 | 18 | CUMPLE | 6.603 | 18 | NO CUMPLE | |

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 26. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas verticales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia.

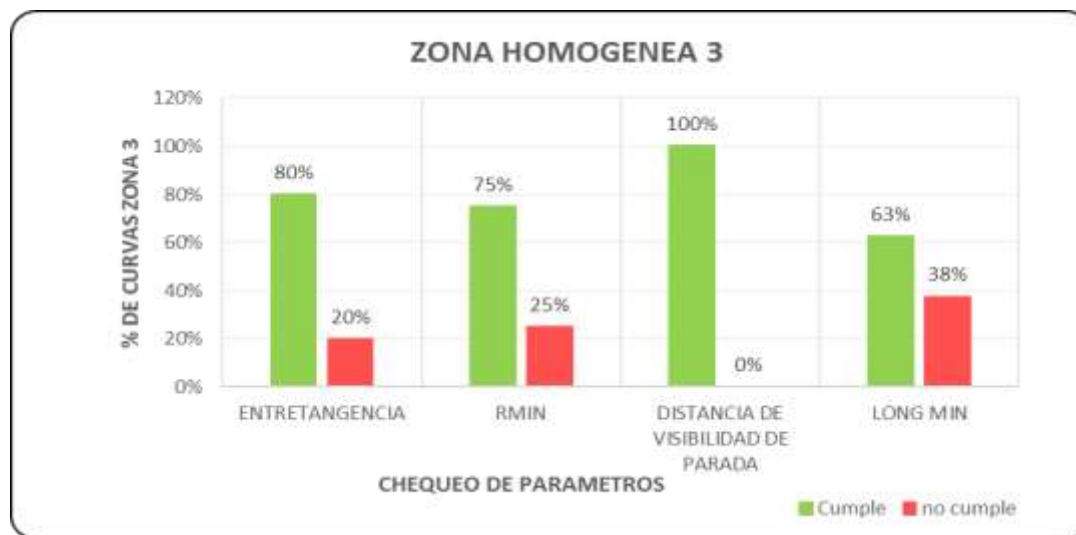
Es importante la mejora de diseño que se realizó en la zona en cuanto a curvas horizontales, convirtiéndolas en espirales. El 80% de las curvas cumplen con su entre tangencia, 75% radio mínimo, 100% distancia de visibilidad de parada y longitud mínima con 63% de cumplimiento. De igual manera el porcentaje que no está cumpliendo debe ser mejorado ya que es una zona identificada como ‘‘Lugar peligroso’’, Ver Cuadro 27 y 28. Es así como, por tratarse de una zona turística en el sector de la playa las soluciones para peatones, intersecciones demarcadas y paraderos para ascenso y descenso de pasajeros.

Cuadro 27. Curvas horizontales zona homogénea 3

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 3- BLAS EL TESO | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HRZTAL. | ENTRE TANGENCIA (M) | ENTRE TANGENCIA MIN INVIAS | CHEQUEO ENTRE TANGENCIA | RADIO CURVA (M) | RMIN INVIAS 2008 | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP- INVIAS 2008 | LONG CURVA (M) | LONG MIN CURVA INVIAS | CHEQUEO LONGITUD MINIMA- SEGÚN NORMA |
| LUGAR PELIGROSO | HI-2 | 261.84 | 97.222 | CUMPPLE | 18 | 190.0014 | NO CUMPLE | 104.86 | CUMPLE | 189.91 | 78.20 | NO CUMPLE |
| | 5 | - | - | - | 150 | 135.20 | CUMPLE | - | - | 45.93 | 61.35 | NO CUMPLE |
| | 6 | - | - | - | 150 | 168.14 | NO CUMPLE | - | - | 54.88 | 62.88 | NO CUMPLE |
| | 7 | - | - | - | 430 | 429.99 | CUMPLE | - | - | 139.11 | 46.89 | CUMPLE |
| | HI-3 | 220.54 | 97.222 | CUMPPLE | 600 | 600 | CUMPLE | 4546.38 | CUMPLE | 131.82 | 333.6 | CUMPLE |
| | HS-01 | 27.14 | 41.66665 | NO CUMPLE | 80 | 10.85 | CUMPLE | 31.17 | CUMPLE | 10.85 | 10.84 | CUMPLE |
| | HS-02 | 88.61 | 41.66665 | CUMPLE | 120 | 16.098 | CUMPLE | 31.17 | CUMPLE | 16.098 | 16.09 | CUMPLE |
| | HS-03** | 208.38 | 41.66665 | CUMPLE | 560 | 122.23 | CUMPLE | 31.17 | CUMPLE | 122.235 | 16.68 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 28. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008



En la Figura 20 siguiente se muestra la ubicación espacial de las curvas horizontales presentes en la zona homogénea.

Figura 20. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 3



Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 4- Hotel las Américas

Para la evaluación de diseño geométrico de la Zona Homogénea Las Américas se tuvo en cuenta el chequeo de las curvas verticales de las cuales solo el 40% del parámetro del k mínimo no coincidían con la norma vigente. Este sector es de cuidado, la entrada y salida de turistas, empleados, usuarios de la vía por lo cual se hace relevancia a la construcción de senderos, cruces, y paraderos peatonales. En cuanto a los Indicadores de Accidentalidad fue catalogado como "Lugar No Peligroso" ya que su índice de accidentes es menor al índice crítico de accidentes, aun así es de suma importancia brindar medidas seguras para la cantidad de peatones que concurren en este sector.

Cuadro 29 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 4

| SECTOR | Nombre del Sub - sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|--|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 1 | Hotel las Américas-Centro de Convenciones las Américas | 24436 | 8246.65 | 73 | 6.64 | 13.3 | 4.09 | 4.18 | 8.37 | 5.01 |

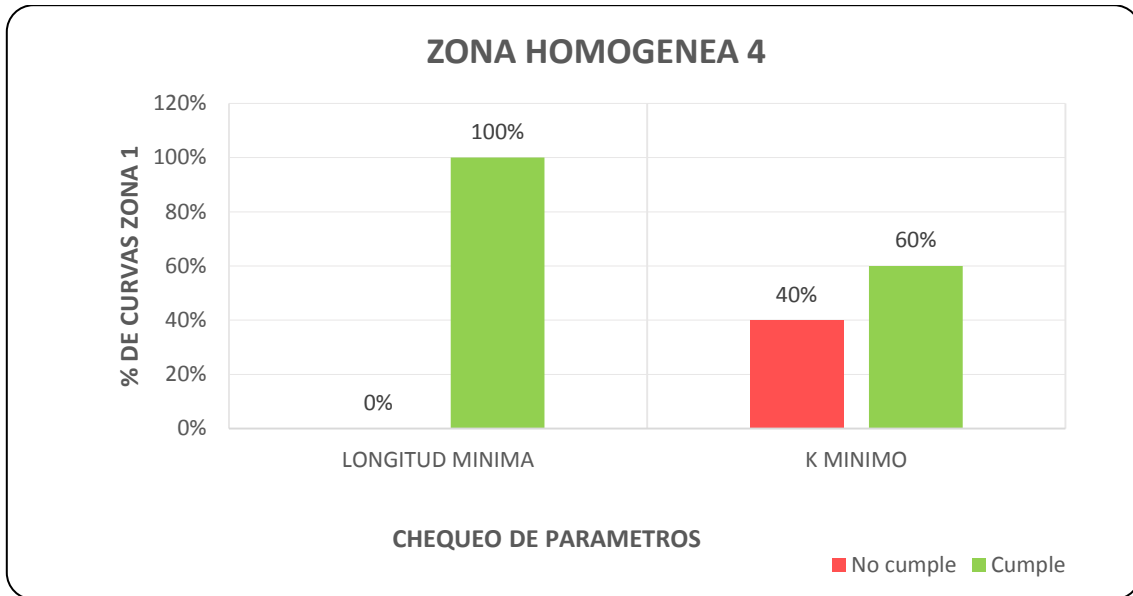
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 30 Curvas verticales zona homogénea 4

| CURVAS VERTICALES ZONA HOMOGENEA 4-HOTEL LAS AMERICAS | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NUMERO DE CURVAS | PIV | NOMBRE CURVAS VERTICALES | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | LONGITUD MINIMA - INVIAS 2008 | CHEQUEO DE LA LONG MIN SEGÚN NORMA | K MÍNIMO | K MINIMO- INVIAS 2008 | CHEQUEO DEL K MINIMO, SEGÚN NORMA. |
| LUGAR NO PELIGROSO | 14 | K1 +599.510 | CVD-4 | 45.5 | 36 | CUMPLE | 47.361 | 18 | CUMPLE |
| | | K1 +769.979 | CVD-5 | 72.5 | 36 | CUMPLE | 26 | 11 | CUMPLE |
| | | K1 + 600.207 | CVI-04 | 51.25 | 36 | CUMPLE | 23.016 | 18 | CUMPLE |
| | | K1 + 781.000 | CVI-05 | 114.3 | 36 | CUMPLE | 17.002 | 11 | CUMPLE |
| | | K1 + 988.256 | CIV-06 | 92.2 | 36 | CUMPLE | 23.022 | 18 | CUMPLE |
| | | K1 + 588.351 | CVS-03 | 40 | 18 | CUMPLE | 12.849 | 11 | CUMPLE |
| | | K1 + 697.841 | CVS-04 | 20 | 18 | CUMPLE | 11.17 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K1 + 787.743 | CVS-05 | 20 | 18 | CUMPLE | 7.363 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K1 + 840.000 | CVS-06 | 25 | 18 | CUMPLE | 4.618 | 11 | NO CUMPLE |
| | | K1 + 908.264 | CVS-07 | 35 | 18 | CUMPLE | 8.263 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K1 + 982.000 | CVS-08 | 20 | 18 | CUMPLE | 16.698 | 11 | CUMPLE |
| | | K2 + 107.000 | CVS-09 | 25 | 18 | CUMPLE | 20.862 | 11 | NO CUMPLE |
| | | K1 + 534.157 | CVD-2(UF2) | 40 | 36 | CUMPLE | 15.22 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K1 + 769.979 | CVD-3(UF2) | 40 | 36 | CUMPLE | 14.334 | 11 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas Verticales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia

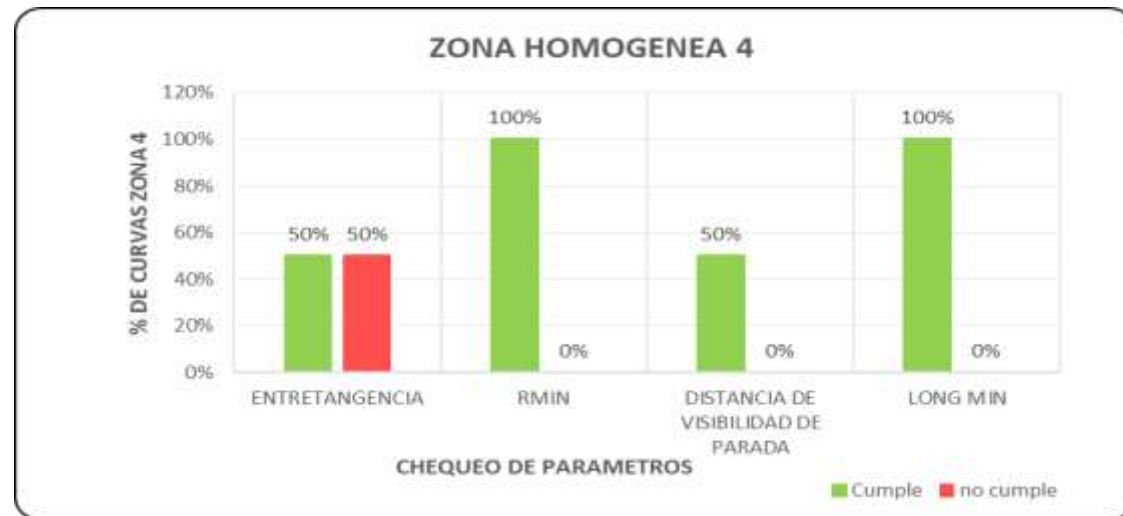
En cuanto a las curvas horizontales la entretangencia cumple en 50% de las curvas, 100% radio mínimo, 50% cumplimiento de distancia de visibilidad de parada y la longitud mínima en un 100% según norma INVIAS.

Cuadro 31. Curvas Horizontales Zona homogénea 4

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 4- HOTEL LAS AMERICAS | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------------|--------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HRZTAL. | ENTRE TANGENCIA (M) | ENTRE TANGENCIA MIN INVIAS 2008 | CHEQUEO ENTRE TANGENCIA | RADIO CURVA (M) | RMIN INVIAS 2008 | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP- INVIAS 2008 | LONG CURVA (M) | LONG MIN CURVA INVIAS 2008 | CHEQUEO LONGITUD MINIMA- SEGÚN NORMA |
| LUGAR NO PELIGROSO | 8 | 3.55 | 83.3335 | NO CUMPLE | 975.97 | 166.7438629 | CUMPLE | 82.99387474 | NO CUMPLE | 52.7 | 52.61118464 | CUMPLE |
| | 9 | 11.33 | 83.3335 | NO CUMPLE | 975.97 | 166.7438629 | CUMPLE | 82.99387474 | NO CUMPLE | 48.04 | 48.0309502 | CUMPLE |
| | 1 (UF2) | 437.86 | 111.111 | CUMPLE | 975970 | 296.433534 | CUMPLE | 129.0197545 | CUMPLE | 48031 | 189.4428433 | CUMPLE |
| | HS-03** | 208.38 | 41.66665 | CUMPLE | 560 | 122.235 | CUMPLE | 31.17346869 | CUMPLE | 122.235 | 16.68 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 32. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 29 siguiente se muestra la ubicación espacial de las curvas horizontales presentes en la zona homogénea.

Figura 22. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 4



Fuente: Elaboración propia. Google Earth

5.2.5 Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 5- Zonas Hotelera y Turística.

El índice de accidentes es uno de los más bajos de las zonas homogéneas colindantes, aunque no presenta vulnerabilidad en cuanto a índices de accidentalidad por lo cual se cataloga como “Lugar No Peligroso”. Ver Cuadro 33

Cuadro 33 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 5.

| SECTOR | Nombre del Sub-sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|---------------------------|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 1 | Zona Hotelera y Turística | 24436 | 8246.65 | 22 | 2.00 | 4.0 | 1.79 | 4.18 | 8.37 | 5.18 |

Fuente: Elaboración Propia

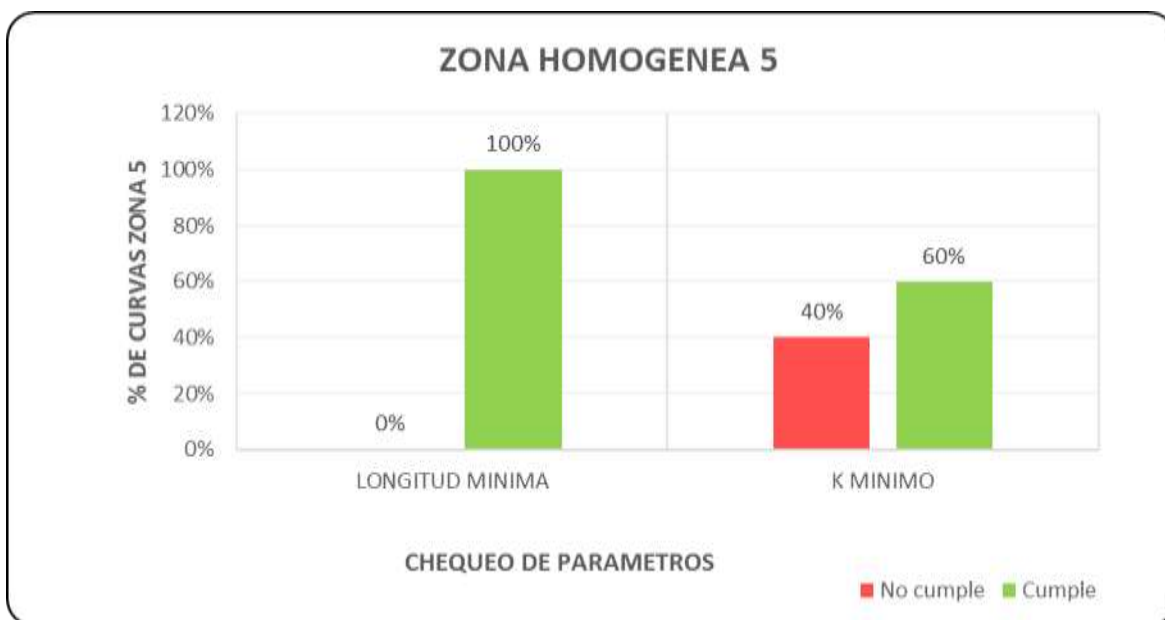
Cuadro 34. Curvas verticales zonas hotelera y turística

| CURVAS VERTICALES ZONA HOMOGENEA 5- ZONAS HOTELERA Y TURISTICA | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NUMERO DE CURVAS | PIV | NOMBRE CURVAS VERTICALES | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | LONGITUD MINIMA - INVIAS 2008 | CHEQUEO DE LA LONG MIN SEGÚN NORMA | K MÍNIMO | K MINIMO- INVIAS 2008 | CHEQUEO DEL K MINIMO, SEGÚN NORMA. |
| LUGAR NO PELIGROSO | 5 | K2 + 378.939 | CVI-07 | 36 | 36 | CUMPLE | 63.16 | 18 | CUMPLE |
| | | K2+705.258 | CVI-08 | 36 | 36 | CUMPLE | 59.059 | 11 | CUMPLE |
| | | K2 + 621.000 | CVS-10 | 20 | 18 | CUMPLE | 7.641 | 11 | NO CUMPLE |
| | | K2 + 685.958 | CVS-11 | 32 | 18 | CUMPLE | 6.105 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K2 + 732.000 | CVS-12 | 35 | 24 | CUMPLE | 8.336 | 11 | NO CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia.

Para el chequeo del alineamiento vertical se tuvo en cuenta la longitud mínima y el K mínimo, los cuales cumplen el 100% y 60% respectivamente, Ver figura 24.

Figura 23 Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas Verticales con INVIAS 2008



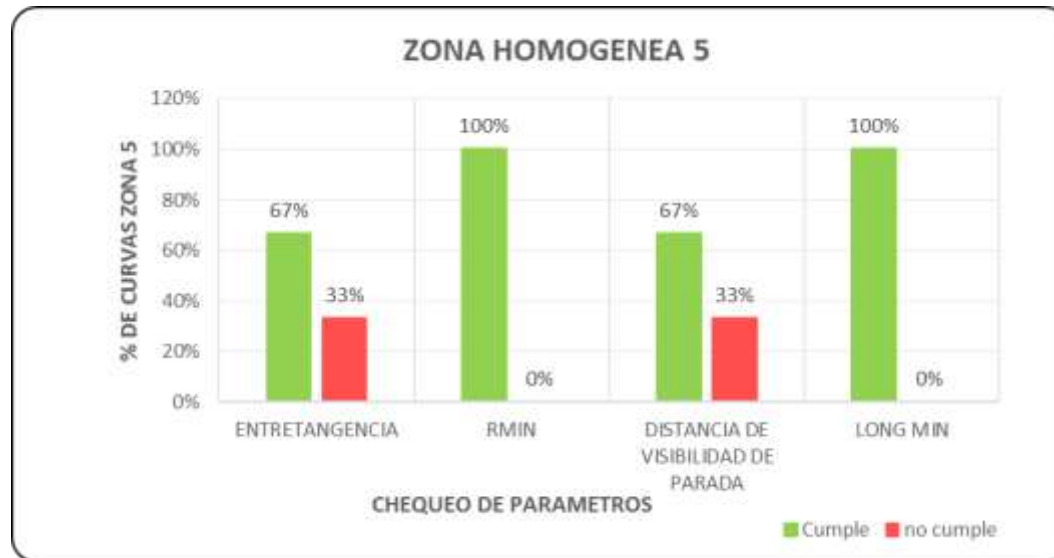
Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de las curvas horizontales la entretangencia tiene un porcentaje de cumplimiento del 67%, el radio mínimo de 100%, distancia de visibilidad de parada de un 67% y el chequeo de la longitud mínima de un 100%, ver Figura 25.

Cuadro 35 Curvas Horizontales Zona homogénea 5

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 5-ZONA HOTELERA Y TURISTICA | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|--------------|------------------------------------|----------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HRZTAL. | ENTRE TANGENCIA (M) | ENTRE TANGENCIA MIN INVIAS | CHEQUEO ENTRE TANGENCIA | RADIO CURVA (M) | RMIN INVIAS 2008 | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP-INVIAS 2008 | LONG CURVA (M) | LONG MIN CURVA INVIAS | CHEQUEO LONGITUD MINIMA-SEGÚN |
| LUGAR NO PELIGROSO | HI-4 | 46.08 | 97.222 | NO CUMPLE | 600 | 139.2946275 | CUMPLE | 104.8555517 | NO CUMPLE | 131.82 | 92.86046001 | CUMPLE |
| | 2 (UF2) | 437.86 | 111.111 | CUMPLE | 1100 | 296.433534 | CUMPLE | 129.0197545 | CUMPLE | 189.45 | 198.4 | CUMPLE |
| | HS-04 | 859.23 | 41.66665 | CUMPLE | 890 | 35.79098067 | CUMPLE | 31.17346869 | CUMPLE | 91.84 | 91.82764155 | CUMPLE |

Figura 24 Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008



En la Figura 26 siguiente se muestra la ubicación espacial de las curvas horizontales presentes en la zona homogénea.

Figura 25. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 5



Fuente: Elaboración propia

5.2.6 Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 6- La Boquilla

La zona homogénea La Boquilla, al igual que las zonas anteriores abarca en su longitud a las unidades funcionales uno y dos. En esta se encuentra ubicado la entrada a una de las poblaciones aledañas a la zona (La comunidad de la boquilla). Punto de acceso peatonal y vehicular (público y privado). Sin embargo, en el proceso de evaluación de los diseños del proyecto, se identificó que a pesar de ser zona con media demanda peatonal y vehicular no se proyectó ninguna solución peatonal.

Esta zona homogénea se identificó como “Lugar Peligroso”, de esta manera se justifica el análisis detallado de los parámetros de diseño. Teniendo en cuenta indicadores como Frecuencia de Accidentalidad, Índice de accidentes e índice crítico de accidentes, después de realizar el análisis de accidentalidad, se evidencio que la zona homogénea maneja indicadores mayores a los índices críticos, catalogándose en los sitios críticos del tramo, como se evidencia en el Cuadro 36.

Cuadro 36 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 6

| SECTOR | Nombre del Sub-sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|-----------------------|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 2 | La Boquilla | 21250 | 11061.72 | 44 | 4.00 | 8.0 | 4.12 | 2.48 | 4.95 | 3.32 |

Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, se tiene el análisis del alineamiento vertical, en esta zona se evaluaron los parámetros de curvatura vertical tales como: Longitud de la curva y el parámetro K mínimo. Se encontraron 8 curvas verticales, todas correspondientes a la unidad funcional 1 (calzada izquierda y calzada de servicio). En el cuadro 37, se muestran detalladamente el estado de los parámetros de cada curva.

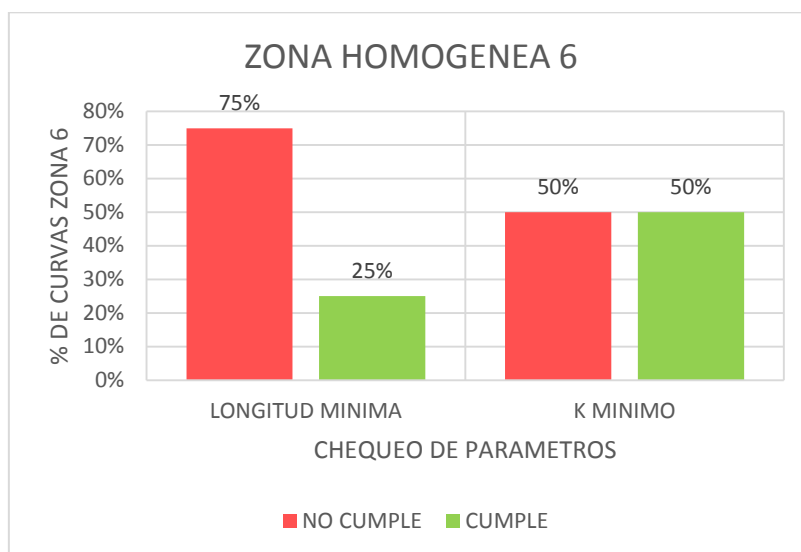
Cuadro 37. Curvas Verticales Zona homogénea 6

| CURVAS VERTICALES ZONA HOMOGENEA- LA BOQUILLA | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NUMERO DE CURVAS | PIV | NOMBRE CURVAS VERTICALES | LONG DE CURVA VERTICAL | LONG MINIM A - INVIAS 2008 | CHEQUEO DE LA LONG MIN SEGÚN NORMA | K MÍNIMO | K MINIMO- INVIAS 2008 | CHEQUEO DEL K MINIMO, SEGÚN NORMA. |
| LUGAR PELIGROSO | 8 | K2 + 936.421 | CVI-09 | 36 | 36 | CUMPLE | 68.183 | 18 | CUMPLE |
| | | K2 + 860.000 | CVS-13 | 35 | 24 | CUMPLE | 18.077 | 18 | CUMPLE |
| | | K2 + 909.000 | CVS-14 | 20 | 24 | NO CUMPLE | 12.997 | 11 | CUMPLE |
| | | K2 + 947.000 | CVS-15 | 20 | 24 | NO CUMPLE | 13.506 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K3 + 023.222 | CVS-16 | 20 | 24 | NO CUMPLE | 10.37 | 11 | NO CUMPLE |
| | | K3 + 110.000 | CVS-17 | 20 | 24 | NO CUMPLE | 10.193 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K3 + 193.000 | CVS-18 | 20 | 24 | NO CUMPLE | 15.016 | 11 | CUMPLE |
| | | K3 + 342.000 | CVS-19 | 20 | 24 | NO CUMPLE | 12.44 | 18 | NO CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar la evaluación del alineamiento vertical según lo indicado por el INVIAS 2008, se obtiene en la Figura 27, que el 75% de las curvas no cumplen con el criterio de diseño mínimo para la longitud de las curvas, mientras que solo el 25% tiene longitud de la curva por encima de lo indicado por la norma. Por otra parte, para el parámetro de K mínimo, se obtiene un resultado igualitario, pues 50% de las curvas cumplen con el llamado criterio de seguridad y 50% no sobrepasan el límite mínimo dado por la norma.

Figura 26 Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas Verticales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia

Continuando con el análisis de la zona homogénea La Boquilla, se encontró en el alineamiento horizontal una sola curva, perteneciente a la unidad funcional dos. En este alineamiento se chequearon los parámetros indicados en el Cuadro 3, con su respectiva normativa indicada en la misma tabla.

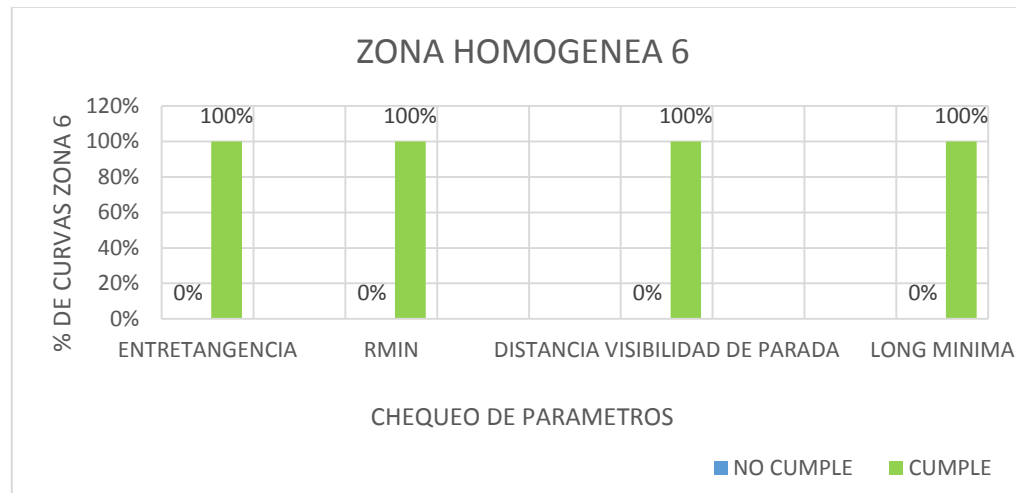
La curva horizontal presente en esta zona, tiene un kilometraje bastante extenso, pues empieza en la zona “La Boquilla” y termina su kilometraje en la zona “Puente el Cañón”, la cual en su totalidad cumple con todos los requisitos de diseño evaluados. (Cuadro38)

Cuadro 38. Curvas Horizontales Zona homogénea 6

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 6 - LA BOQUILLA | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------|------------------------------------|------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HRZTAL. | ENTRETANGENCIA | ENTRETANGENCIA MIN. INVIAS 2008 | CHEQUEO ENTRETANGENCIA | RADIO CURVA (m) | RMIN INVIAS (m) | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP- INVIAS | LONG CURVA (m) | LONG MIN. CURVA INVIAS 2008 | CHEQUEO LONGITUD MINIMA- SEGÚN NORMA |
| LUGAR PELIGROSO | 3** (UF2) | 60.45 | 111.11 | CUMPLE | 5500 | 296.43353 | CUMPLE | 129.01975 | CUMPLE | 3479.31 | 3479.31 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

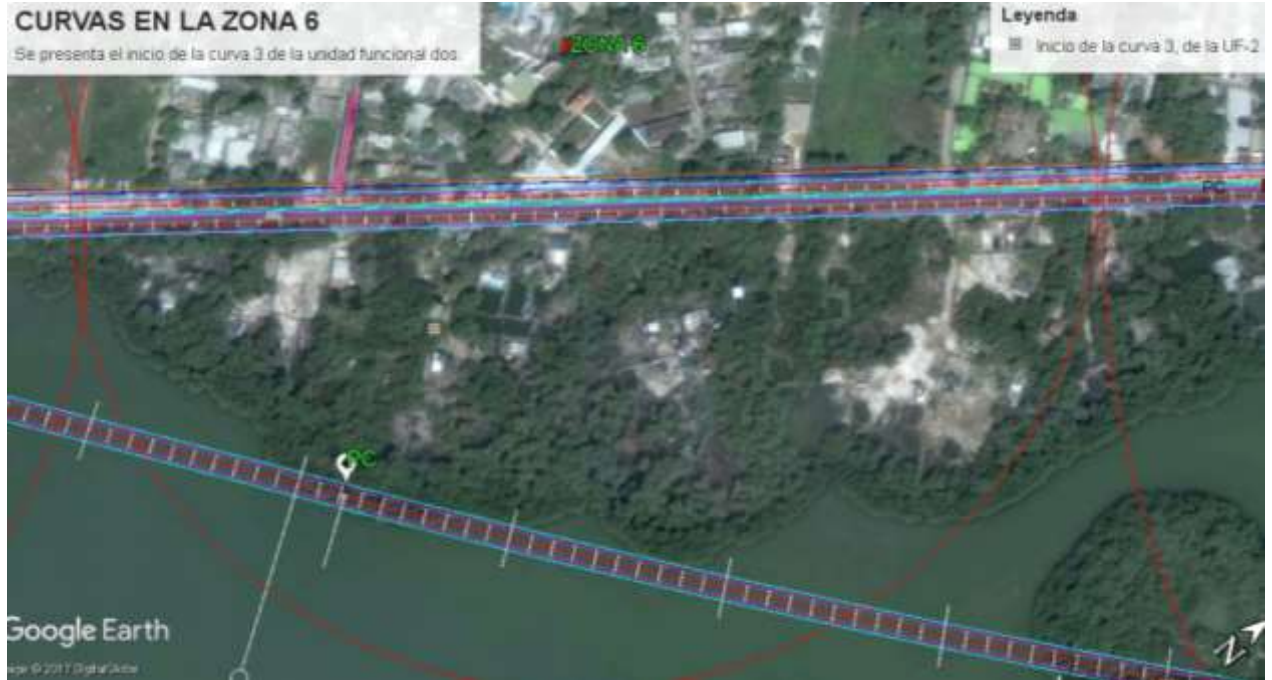
Figura 27. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 29 se muestra la ubicación espacial de las curvas horizontales presentes en la zona homogénea.

Figura 28. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 6



Fuente: Google Earth.

5.2.7 Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 7- Sector antes de los Puentes

La zona homogénea Sector antes de los Puentes, sigue conformada por las unidades funcionales uno y dos. Es una zona bastante transitada por peatones, debido a su cercanía a las poblaciones aledañas. En el diseño geométrico proyectado se identificó la señalización respectiva, informando a los conductores la presencia de los peatones.

Es una zona identificada en el numeral 5.1 de este trabajo como “Lugar No Peligroso”, basado solo en el análisis de accidentalidad. Sin embargo, se hace necesaria la evaluación de los parámetros de diseño geométrico, para conocer el estado de la vía proyectada.

Cuadro 39 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 7

| SECTOR | Nombre del Sub-sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|-----------------------------|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 2 | Sector antes de los puentes | 21250 | 11061.72 | 51 | 4.64 | 9.3 | 2.63 | 2.48 | 4.95 | 3.09 |

Fuente: Elaboración Propia

Se empezó con la evaluación de los parámetros del alineamiento vertical, indicados en el cuadro 4, con su respectiva normatividad. Se identificaron 11 curvas verticales, todas pertenecientes a la unidad funcional uno. En el cuadro 40, se muestra la evaluación de los parámetros para cada una de las curvas.

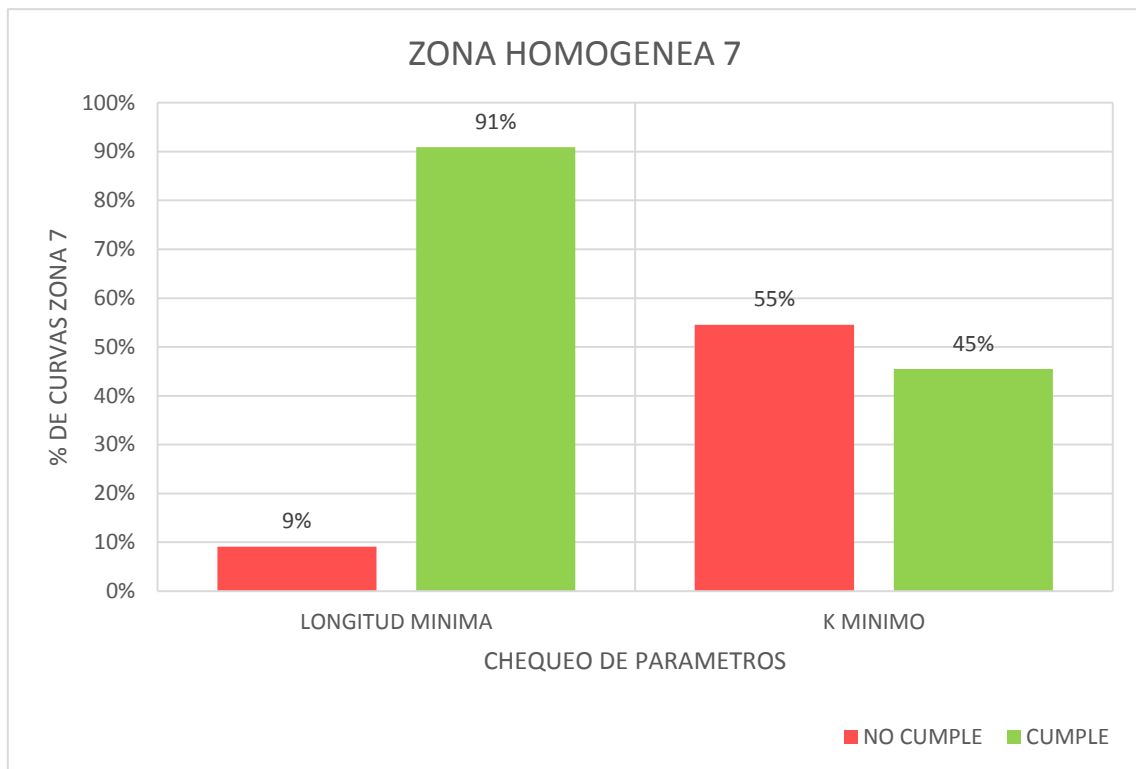
Cuadro 40. Curvas Verticales Zona homogénea 7

| CURVAS VERTICALES ZONA HOMOGENEA-SECTOR ANTES DE LOS PUENTES | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NUMERO DE CURVAS | PIV | NOMBRE CURVAS VERTICALES | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | LONGITUD MINIMA - INVIAS 2008 | CHEQUEO DE LA LONG MIN SEGÚN NORMA | K MÍNIMO | K MINIMO- INVIAS 2008 | CHEQUEO DEL K MINIMO, SEGÚN NORMA. |
| LUGAR NO PELIGROSO | 11 | K4 + 124.691 | CVI-10 | 36 | 36 | CUMPLE | 40.993 | 11 | CUMPLE |
| | | K4 + 261.000 | CVI-11 | 36 | 36 | CUMPLE | 28.084 | 18 | CUMPLE |
| | | K4 + 391.476 | CVI-12 | 36 | 36 | CUMPLE | 33.99 | 11 | CUMPLE |
| | | K3 + 463.000 | CVS-20 | 34.3 | 24 | CUMPLE | 17.92 | 11 | CUMPLE |
| | | K3 + 592.000 | CVS-21 | 20 | 24 | NO CUMPLE | 7.15 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K3 + 669.004 | CVS-22 | 45 | 24 | CUMPLE | 10.302 | 11 | NO CUMPLE |
| | | K3 + 732.000 | CVS-23 | 30 | 24 | CUMPLE | 10.032 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K3 + 910.000 | CVS-24 | 35 | 24 | CUMPLE | 23.373 | 18 | CUMPLE |
| | | K4 + 000.943 | CVS-25 | 25 | 24 | CUMPLE | 10.946 | 11 | NO CUMPLE |
| | | K4 + 128.962 | CVS-26 | 25 | 24 | CUMPLE | 12.006 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K4 + 293.339 | CVS-27 | 25 | 24 | CUMPLE | 11.121 | 18 | NO CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo como resultado (Figura 30), a pesar de ser “Lugar no Peligroso”, en el diseño geométrico vertical proyectado el 91% cumple con el criterio mínimo de longitud de la curva, y solo el 9% no cumple con lo indicado por la norma. Con respecto al parámetro k mínimo o también llamado criterio de seguridad, solo el 45% de las curvas de esta zona se encuentran por igual o por encima del valor mínimo de la normativa, mientras que el otro 55% no alcanza a cumplir el criterio de diseño.

Figura 29 Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas verticales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia

En el alineamiento horizontal, se encuentran 6 curvas, de las cuales una de ellas ya había sido evaluada y contada en la zona anterior, pues cabe recordar que su kilometraje es bastante extenso y cubre varias zonas homogéneas.

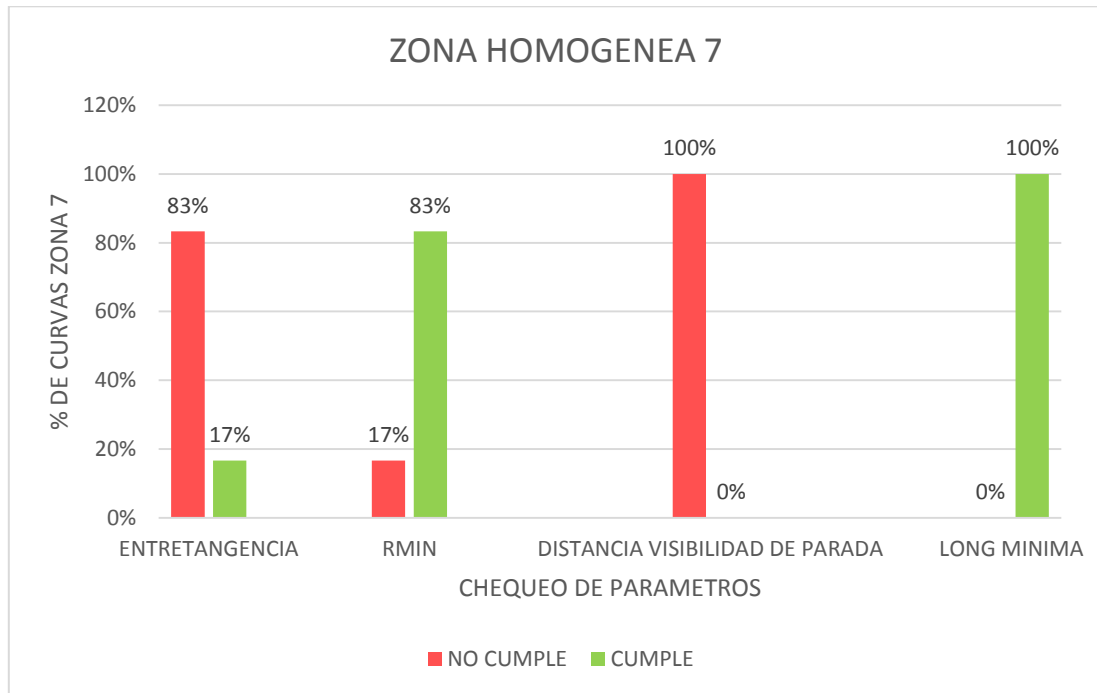
En el Cuadro 41, se presentan cada una de las curvas, con su respectiva evaluación de cada uno de los parámetros establecidos anteriormente en el cuadro 3.

Cuadro 41. Curvas Horizontales Zona homogénea 7

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 7 - SECTOR ANTES DE LOS PUENTES | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------|------------------------------------|------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HRZTAL. | ENTRETANGENCIA | ENTRETANGENCIA MIN. INVIAS 2008 | CHEQUEO ENTRETANGENCIA | RADIO CURVA (m) | RMIN INVIAS (m) | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP- INVIAS | LONG CURVA (m) | LONG MIN. CURVA INVIAS 2008 | CHEQUEO LONGITUD MINIMA- SEGÚN NORMA |
| LUGAR NO PELIGROSO | 3**(UF2) | 60.45 | 111.111 | NO CUMPLE | 5500 | 296.433534 | CUMPLE | 129.0197545 | NO CUMPLE | 3 479.310 | 3479.305032 | CUMPLE |
| | HI-5 | 46.08 | 97.22 | NO CUMPLE | 1100 | 139.295 | CUMPLE | 104.856 | NO CUMPLE | 166028 | 166.025803 | CUMPLE |
| | HI-6** | 19.86 | 111.11 | NO CUMPLE | 490 | 489.998 | CUMPLE | 129.011 | NO CUMPLE | 73.036 | 44.48 | CUMPLE |
| | HS-05 | 331 | 55.5555 | CUMPLE | 800 | 800 | NO CUMPLE | 46.15283322 | NO CUMPLE | 121.9 | 57.12080703 | CUMPLE |
| | HS-06 | 0 | 55.5555 | NO CUMPLE | 118 | 54.77576173 | CUMPLE | 46.15283322 | NO CUMPLE | 27.22 | 27.21270326 | CUMPLE |
| | HS-07 | 0 | 55.5555 | NO CUMPLE | 90 | 54.77576173 | CUMPLE | 46.15283322 | NO CUMPLE | 30.28 | 30.27280632 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008

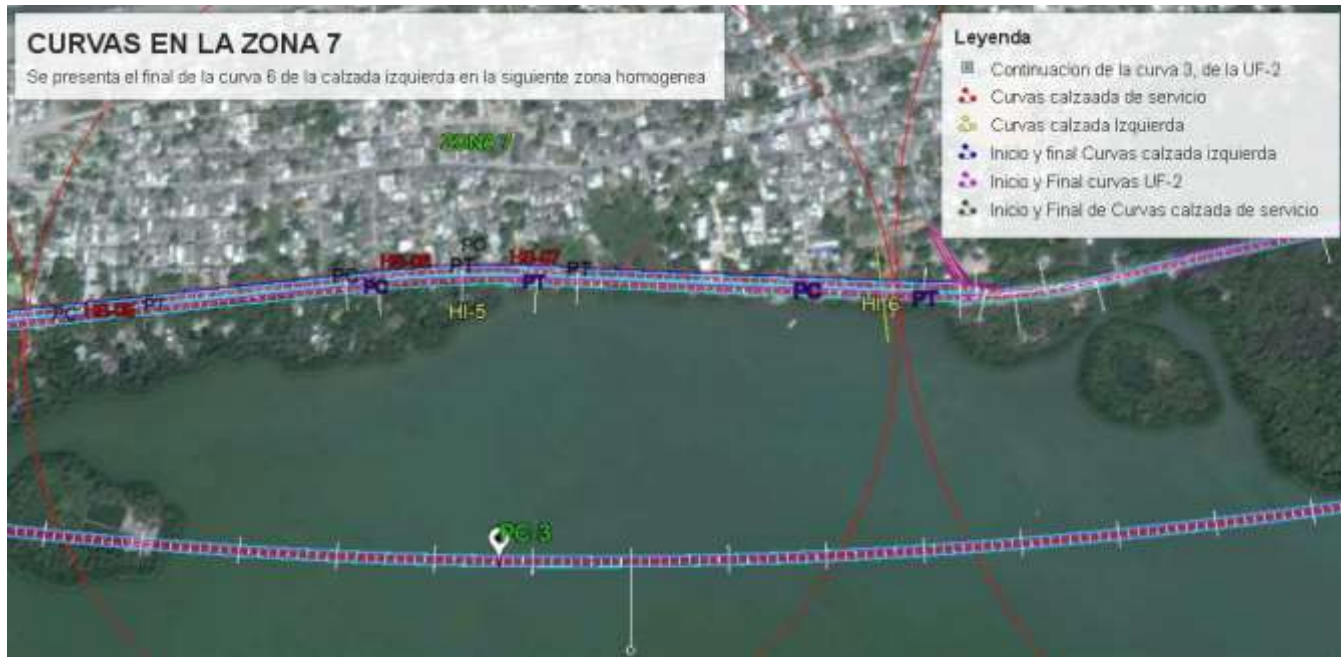


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 31, se aprecia como el diseño de las curvas horizontales de esta zona, se encuentra disperso con relación a la norma, por un lado todas las curvas cumplen con el criterio de longitud mínima de la curva, mientras que por otro lado, ninguna cuenta con la distancia necesaria para frenar antes de entrar al elemento. Sin embargo, se dice que el 17% de las curvas cuenta tramos rectos o entretangencias entre cada una de ellas para que el conductor maniobre “seguramente”, y que además, el 83% cumple con el criterio de diseño del radio mínimo de la curvatura.

En la Figura 32 se muestra la ubicación espacial de las curvas horizontales presentes en la zona homogénea.

Figura 31. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 7



Fuente: Elaboración propia. Google Earth

5.2.8 Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 8- Puente Caño Luisa-Puente la Boquilla

La zona 8 o Zona Puente Caño Luisa – Puente la Boquilla, como su mismo nombre lo indica, es una zona que abarca 2 de los 3 puentes de la vía (caño Luis y la boquilla). En los diseños proyectados, reglamenta una disminución de velocidad en sus inicios, debido a la presencia de resaltos. Es una zona definida como “Lugar No Peligroso”, por el numeral 5.1 de este trabajo. Sigue estando conformada por las unidades funcionales uno y dos.

Cuadro 42 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 8

| SECTOR | Nombre del Sub-sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|--------------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 2 | Puente Caño Luisa-Puente la Boquilla | 21250 | 11061.72 | 32 | 2.91 | 5.8 | 1.18 | 2.48 | 4.95 | 2.99 |

Fuente: Elaboración Propia

En el análisis del alineamiento vertical, encontramos 11 curvas, de las cuales todas pertenecen a la unidad funcional uno, mostradas en el cuadro 43.

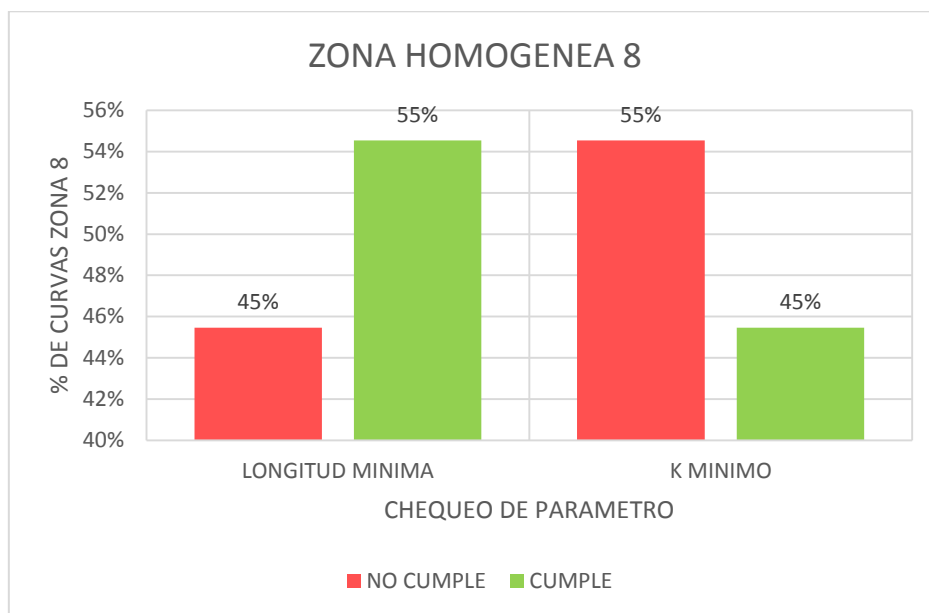
Cuadro 43 Curvas verticales Zona homogénea 8

| CURVAS VERTICALES ZONA HOMOGENEA- (PUENTE CAÑO DE LUISA-PUENTE LA BOQUILLA) | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------------------|------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NUMERO DE CURVAS | PIV | NOMBRE CURVAS VERTICALES | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | LONGITUD MINIMA - INVIAS 2008 | CHEQUEO DE LA LONG MIN SEGÚN NORMA | K MÍNIMO | K MINIMO- INVIAS 2008 | CHEQUEO DEL K MINIMO, SEGÚN NORMA. |
| LUGAR NO PELIGROSO | 11 | K4 + 558.000 | CVI-13 | 36 | 36 | CUMPLE | 19.688 | 11 | CUMPLE |
| | | K4 + 668.499 | CVI-14 | 48 | 36 | CUMPLE | 18.628 | 18 | CUMPLE |
| | | K4 + 998.000 | CVI-15 | 61 | 36 | CUMPLE | 16.837 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K5 + 139.203 | CVI-16 | 38.512 | 36 | CUMPLE | 11 | 11 | CUMPLE |
| | | K5 + 176.414 | CVI-17 | 35.52 | 36 | NO CUMPLE | 11 | 11 | CUMPLE |
| | | K5 + 330.825 | CVI-18 | 60.5 | 36 | CUMPLE | 17.148 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K5 + 611.497 | CVI-19 | 33 | 36 | NO CUMPLE | 90.141 | 18 | CUMPLE |
| | | K5 + 677.064 | CVI-20 | 34 | 36 | NO CUMPLE | 15.176 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K5 + 740.312 | CVI-21 | 30 | 36 | NO CUMPLE | 8.788 | 11 | NO CUMPLE |
| | | K5 + 774.716 | CVI-22 | 30 | 36 | NO CUMPLE | 7.498 | 11 | NO CUMPLE |
| K5 + 826.948 | CVI-23** | 57 | 36 | CUMPLE | 15.134 | 18 | NO CUMPLE | | |

Fuente: Elaboración propia

En la figura 33, se aprecia que el análisis por diseño geométrico se encuentra dividido, por un lado, en el criterio de longitud mínima de la curva, el 55% de las curvas se encuentran por encima del valor indicado por la norma, y su 45% se encuentra por debajo. Y por otro lado en el criterio de K mínimo o criterio de seguridad, solo el 45% de curvas cumple con este criterio.

Figura 32. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas verticales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de alineamiento horizontal se encuentran 3 curvas, de las cuales 2 hacen referencia a la unidad funcional uno (en esta zona culmina el kilometraje referente a curvas horizontales de esta unidad), y una a la unidad funcional dos. (Cuadro 44).

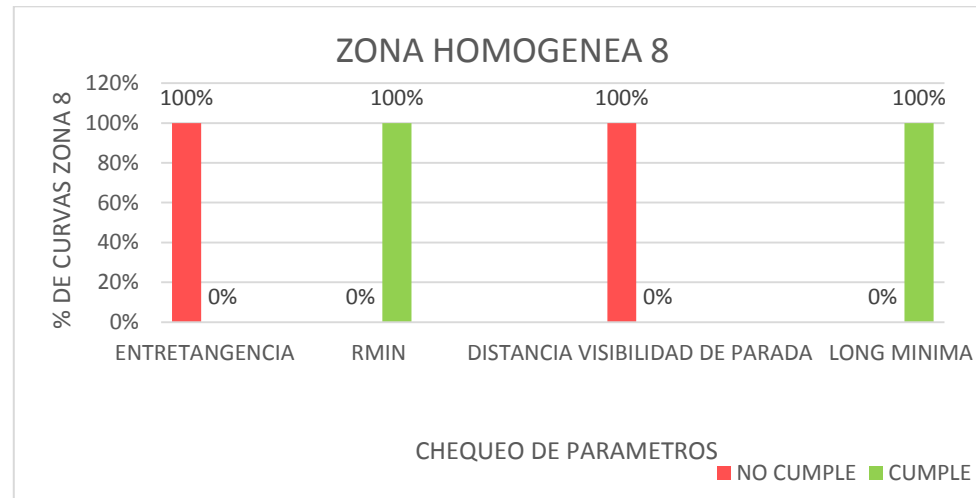
Las curvas aquí presentes, tienen características semejantes, pues ningún cumple con la Entretangencia mínima, ni con la distancia mínima de parada. Mientras que por otra parte se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma el radio y la longitud mínima de las curvas. (Figura 34).

Cuadro 44. Curvas horizontales zona homogénea 8

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 8 – (PUENTE EL CAÑON – PUENTE LA BOQUILLA) | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|----------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------|------------------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------|-------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HORIZONTAL | ENTRETANGENCIA | ENTRETANGENCIA A MIN. INVIAS 2008 | CHEQUEO ENTRETANGENCIA | RADIO CURVA (m) | RMIN INVIAS (m) | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP-INVIAS | LONG CURVA (m) | LONG. MIN. CURVA INVIAS 2008 | CHEQUEO LONGITUD MINIMA-SEGÚN NORMA |
| LUGAR NO PELIGROSO | 3**(UF) | 60.45 | 111.111 | NO CUMPLE | 5500 | 296.434 | CUMPLE | 129.020 | NO CUMPLE | 3 479.310 | 3479.305 | CUMPLE |
| | HI-6** | 19.86 | 111.11 | NO CUMPLE | 490 | 490.00 | CUMPLE | 129.011 | NO CUMPLE | 73.036 | 44.48 | CUMPLE |
| | HI-7 | 42.06 | 111.11 | NO CUMPLE | 1000 | 134.73 | CUMPLE | 129.011 | NO CUMPLE | 47.124 | 47.124 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

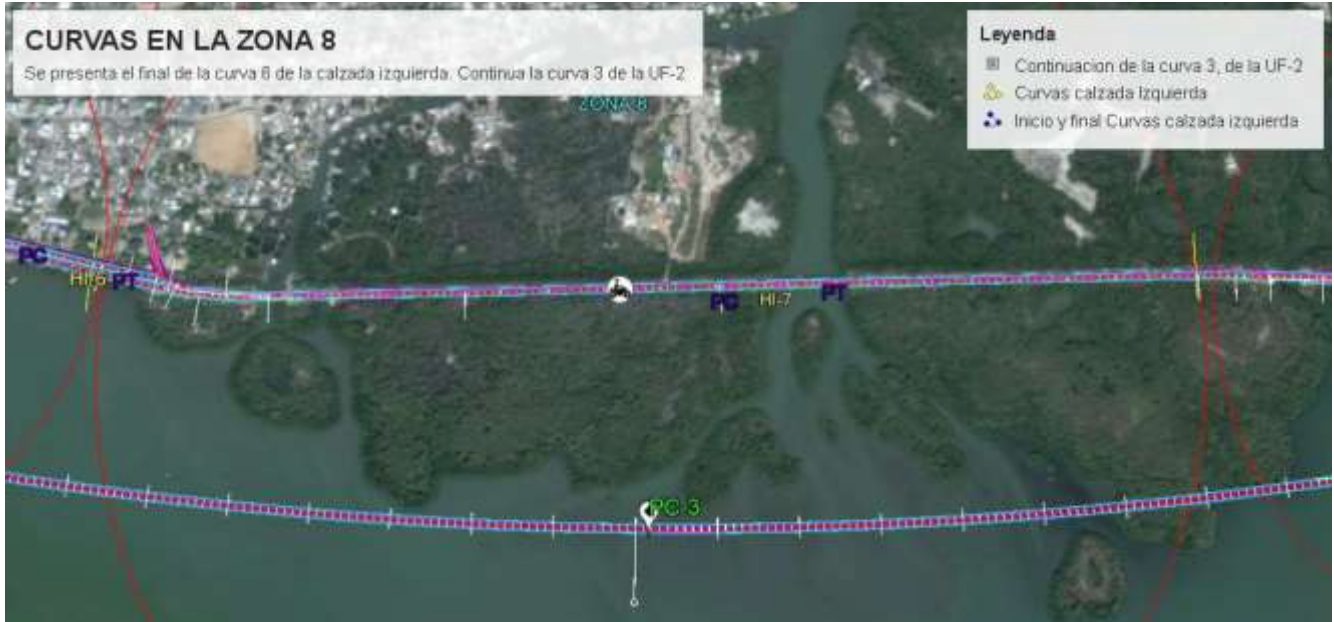
Figura 33 Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 35 se muestra la ubicación espacial de las curvas horizontales presentes en la zona homogénea.

Figura 34. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 8



Fuente: Elaboración propia. Google Earth

5.2.9 Evaluación diseño geométrico de zona Puente el Cañón.

Para la evaluación de accidentalidad se encontró en los Indicadores de Accidentalidad fue catalogado como "Lugar Peligroso" ya que su índice de accidentes es mayor al índice crítico de accidentes como se puede evidenciar en el Cuadro 45.

Cuadro 45 Indicadores de Accidentalidad Para Zona Homogénea 9

| SECTOR | Nombre del Sub-sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|-----------------------|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 2 | Puente el Cañón | 21250 | 11061.72 | 58 | 5.27 | 10.5 | 3.32 | 2.48 | 4.95 | 3.12 |

Fuente: Elaboración Propia.

La zona Puente el cañón, también incluye en su longitud al puente Juan Polo (otro importante puente de la vía). La zona cuenta con toda la señalización respectiva. En el alineamiento vertical, se encuentran ocho curvas donde dos de ellas hacen referencia a la unidad funcional dos, tal como se muestra en el Cuadro 46.

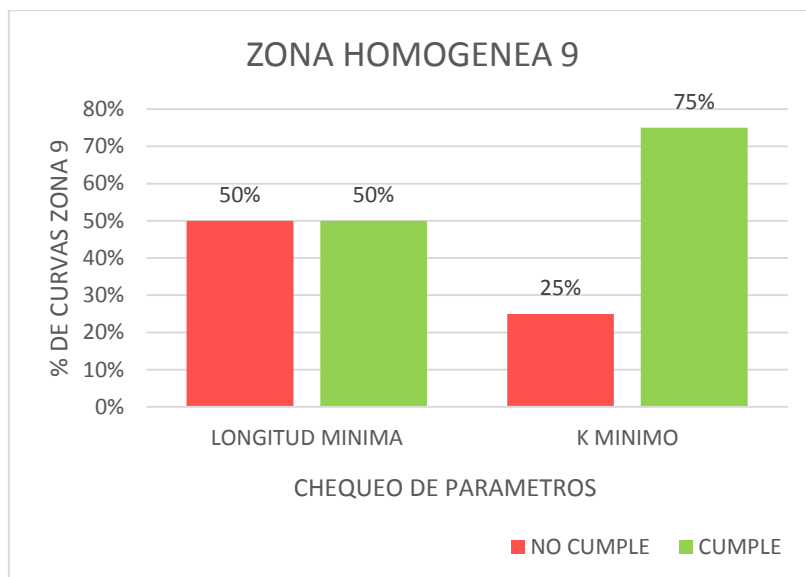
Cuadro 46. Curvas Verticales Zona homogénea 9

| CURVAS VERTICALES ZONA HOMOGÉNEA-PUENTE EL CAÑÓN | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NUMERO DE CURVAS | PIV | NOMBRE CURVAS VERTICALES | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | LONGITUD MINIMA - INVIAS 2008 | CHEQUEO DE LA LONG MIN SEGÚN NORMA | K MÍNIMO | K MINIMO- INVIAS 2008 | CHEQUEO DEL K MINIMO, SEGÚN NORMA. |
| LUGAR PELIGROSO | 8 | K5 + 826.948 | CVI-23** | 57 | 36 | CUMPLE | 15.134 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K5 + 920.004 | CVI-24 | 33 | 36 | NO CUMPLE | 31.042 | 18 | CUMPLE |
| | | K5 + 995.959 | CVI-25 | 33 | 36 | NO CUMPLE | 18.487 | 18 | CUMPLE |
| | | K6 + 063.580 | CVI-26 | 28.5 | 36 | NO CUMPLE | 10.838 | 11 | NO CUMPLE |
| | | K6 + 093.000 | CVI-27 | 28.5 | 36 | NO CUMPLE | 13.707 | 11 | CUMPLE |
| | | K6 + 334.000 | CVI-28 | 76 | 36 | CUMPLE | 59.163 | 18 | CUMPLE |
| | | K6 + 466.993 | CVD-4(UF2) | 120 | 36 | CUMPLE | 62.01 | 11 | CUMPLE |
| | | K6 + 646.554 | CVD-5(UF2) | 120 | 36 | CUMPLE | 49.97 | 18 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia.

En el chequeo de la longitud mínima de la curva, la zona presenta un comportamiento equilibrado, un 50% de sus curvas se encuentra dentro del rango establecido por la normativa, mientras que otro 50% se encuentra por fuera (ver Figura 36). En la misma figura se observa el comportamiento de las curvas con relación al chequeo del criterio K mínimo o criterio de seguridad, en esta el 75% de las curvas cumple con la normativa y solo el 25% no cumplen.

Figura 35. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas verticales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia.

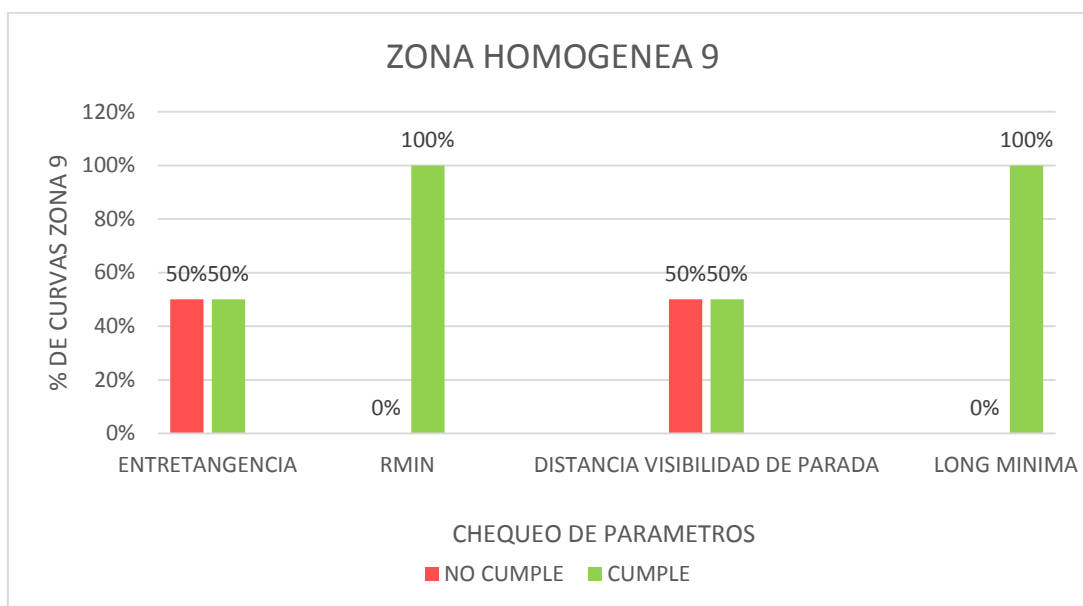
Por otra parte, en el alineamiento horizontal encontramos la participación solo de la unidad funcional dos, tal como se muestra en el cuadro 47.

Cuadro 47 Curvas Horizontales Zona Homogénea 9

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 9 – PUENTE EL CAÑON | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------|------------------------------------|------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HRZTAL. | ENTRETANGENCIA | ENTRETANGENCIA MIN. INVIAS 2008 | CHEQUEO ENTRETANGENCIA | RADIO CURVA (m) | RMIN INVIAS (m) | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP- INVIAS | LONG CURVA (m) | LONG MIN. CURVA INVIAS 2008 | CHEQUEO LONGITUD MINIMA- SEGÚN NORMA |
| LUGAR PELIGROSO | 3**(UF2) | 60.45 | 111.111 | NO CUMPLE | 5500 | 296.433534 | CUMPLE | 129.0197545 | NO CUMPLE | 3 479.310 | 3479.305032 | CUMPLE |
| | 4**(UF2) | 169.37 | 111.111 | CUMPLE | 1500 | 314.96063 | CUMPLE | 129.0197545 | CUMPLE | 442.056572 | 442,052 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Figura 36. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia

El alineamiento horizontal presenta comportamiento semejante, pues todas sus curvas cumplen los criterios de diseño de radio mínimo y longitud mínima, establecidos por la normativa. Para los parámetros de Entretangencia mínima y la distancia de visibilidad (complementarios entre sí) el resultado es igual, la mitad de las curvas encaja a lo señalado por la normativa y la otra mitad no alcanza a cumplir. Cabe resaltar que el comportamiento en estas últimas, se presenta en la misma curva horizontal.

En la Figura 38 siguiente se muestra la ubicación espacial de las curvas horizontales presentes en la zona homogénea.

Figura 37. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 9



Fuente: Elaboración propia. Google Earth.

5.2.10 Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 10- Acceso a Tierra baja

En la zona homogénea Tierra Baja, hace su finalización completa la Unidad Funcional uno. Esta zona se caracteriza por el alto volumen de peatones y es colindante con zonas y accesos, urbanos y turísticos. Por ello, en el proceso de evaluación de los diseños del proyecto se pudo identificar que se planeó soluciones peatonales como cruce deprimido localizado en k7+000(señalado como punto crítico), cuenta con sus respectivos paraderos y todos los elementos de Espacio Público, además de cumplir con toda la normatividad requerida. Este cruce además de resolver el paso de peatones en esta zona, también sirve de paso de semovientes. (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016)

En la Sección 5.1 del presente estudio la zona fue identificada como ‘‘Lugar No Peligroso’’ (PIARC, 2003) después de realizar el análisis de accidentalidad, teniendo en cuenta que el índice crítico es mayor al índice de accidentes, ver Cuadro 48. Pese a eso, se realizó la evaluación de parámetros de alineamiento vertical y horizontal, en el primero de estos se presentaron seis curvas (tres curvas de la unidad funcional uno y tres de la unidad funcional dos). Ver cuadro 49

Cuadro 48 Indicadores de Accidentalidad para Zona Homogénea 10

| SECTOR | Nombre del Sub-sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|-----------------------|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 3 | Tierra Baja | 19884 | 2822.90 | 23 | 2.09 | 4.2 | 2.11 | 1.57 | 3.15 | 2.24 |

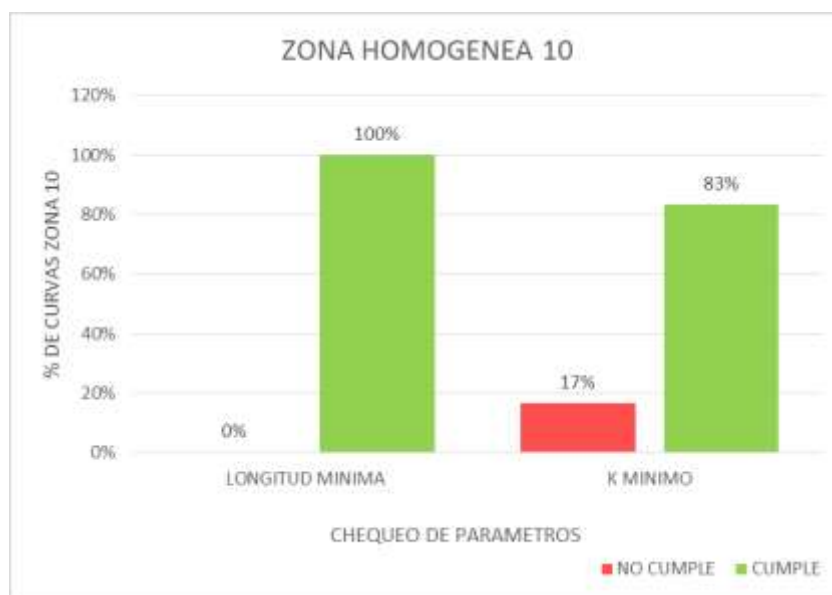
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 49 Curvas Verticales Zona Homogénea 10

| CURVAS VERTICALES ZONA HOMOGENEA-TIERRA BAJA | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NUMERO DE CURVAS | PIV | NOMBRE CURVAS VERTICALES | LONGITUD DE CURVA VERTICAL | LONGITUD MINIMA - INVIAS 2008 | CHEQUEO DE LA LONG MIN SEGÚN NORMA | K MÍNIMO | K MINIMO- INVIAS 2008 | CHEQUEO DEL K MINIMO, SEGÚN NORMA. |
| LUGAR NO PELIGROSO | 6 | K6 + 773.000 | CVI-29 | 52.5 | 36 | CUMPLE | 17.484 | 18 | NO CUMPLE |
| | | K6 + 959.947 | CVI-30 | 75 | 36 | CUMPLE | 11.752 | 11 | CUMPLE |
| | | K7 + 134.949 | CVI-31 | 90 | 36 | CUMPLE | 27.556 | 18 | CUMPLE |
| | | K6 + 864.957 | CVD-6(UF2) | 52.5 | 36 | CUMPLE | 18.103 | 18 | CUMPLE |
| | | K7 + 039.948 | CVD-7(UF2) | 75 | 36 | CUMPLE | 11.751 | 11 | CUMPLE |
| | | K7 + 214.950 | CVD-8(UF2) | 90 | 36 | CUMPLE | 25.845 | 18 | CUMPLE |

Esta zona en cuanto alineamiento vertical es una de las más acertadas, pues en el primer parámetro (longitud mínima de la curva) el 100% de ellas cumple con la normativa y en el segundo parámetro (K mínimo) el 83% cumple con el criterio de diseño, dejando solo el 17% por fuera de la normativa. (Ver Figura 39).

Figura 38. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas verticales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia.

En el alineamiento horizontal, se presentan dos curvas de la unidad funcional dos. Es importante aclarar que en esta zona se presentan tipos de curvas donde por normativa se prescribe de algunos parámetros, tal como se muestra en el cuadro 50.

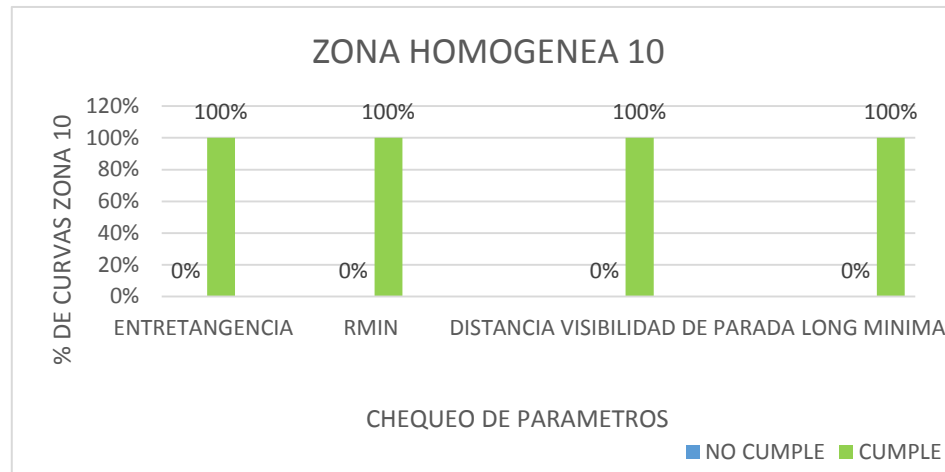
Sin embargo, la zona de tierra baja cumple en su 100% cada uno de los parámetros evaluados de acuerdo a la normativa aplicada. (Ver figura 40)

Cuadro 50. Curvas horizontales zona homogénea 10

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 10 – TIERRA BAJA | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------|------------------------------------|------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HRZTAL. | ENTRETANGENCIA | ENTRETANGENCIA MIN. INVIAS 2008 | CHEQUEO ENTRETANGENCIA | RADIO CURVA (m) | RMIN INVIAS (m) | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP- INVIAS | LONG CURVA (m) | LONG MIN. CURVA INVIAS 2008 | CHEQUEO LONGITUD MINIMA- SEGÚN NORMA |
| LUGAR NO PELIGROSO | 4**(UF2) | 169.37 | 111.111 | CUMPLE | 1500 | 314.9606299 | CUMPLE | 129.0197545 | CUMPLE | 442.0565723 | 442.052 | CUMPLE |
| | 5(UF2) | 12.62 | - | - | 200 | 199.9991305 | CUMPLE | 104.8619995 | - | 54.10473328 | 55.41 | CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 39. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 41 se muestra la ubicación espacial de las curvas horizontales presentes en la zona homogénea.

Figura 40. Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 10



Fuente: Elaboración propia. Google Earth

5.2.11 Evaluación diseño geométrico de zona homogénea 11- Sector Serena del Mar

Por último, se encuentra la zona Serena del Mar, en ella están las últimas dos curvas de toda la vía de estudio, dos curvas horizontales pertenecientes a la unidad funcional dos, que debido al tipo de curva que manejan se preside de Entretangencia y por consiguiente según lo indicado en la metodología de este trabajo, no se chequearon las distancias de visibilidad de parada, como me muestra en el Cuadro 35.

Cuadro 51 Indicadores de Accidentalidad Para Zona Homogenea 11

| SECTOR | Nombre del Sub-sector | TPDA (vpd) | TPDA Ponderado (vpd) | Frecuencia de accidentes | Frecuencia Media de Accidentes (Acc/lugar) | Frecuencia Mínima de Accidentes (Acc/lugar) | Índice de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Medio de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Mínimo de accidentes (acc/Mveh-km) | Índice Crítico de Accidentes (acc/Mveh-km) |
|--------|-----------------------|------------|----------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|---|--|
| 3 | Serena del Mar | 19884 | 2822.90 | 7 | 0.64 | 1.3 | 0.86 | 1.57 | 3.15 | 2.36 |

Fuente: Elaboración propia

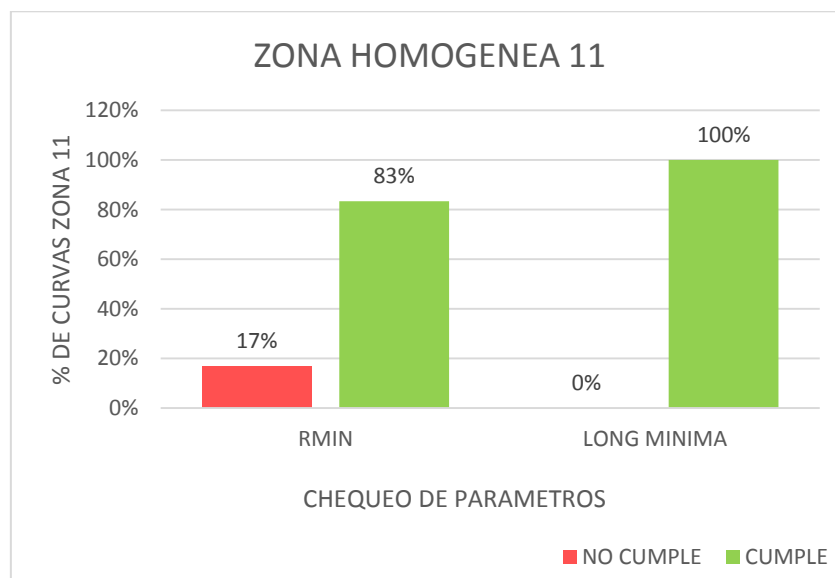
Cuadro 52. Curvas Horizontales zona homogénea 11

| CURVAS HORIZONTALES ZONA HOMOGENEA 11 – SECTOR SERENA DEL MAR | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--------------|------------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| EVALUACION NIVEL DE SEGURIDAD | NOMBRE CURVA HRZTAL. | ENTRETA NGENCIA | ENTRETAN-GENCIA MIN. INVIAS 2008 | CHEQUEO ENTRETA NGENCIA | RADIO CURVA (m) | RMIN INVIAS (m) | CHEQUEO RMIN | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA | CHEQUEO DE DVP-INVIAS | LONG CURVA (m) | LONG MIN. CURVA INVIAS 2008 | CHEQUEO LONGITUD MINIMA- SEGÚN NORMA |
| LUGAR NO PELIGROSO | 6(UF2) | 0.78 | - | - | 185 | 185.0 | CUMPLE | 104.9 | - | 38.9 | 64.57 | CUMPLE |
| | 7(UF2) | 8.57 | - | - | 168 | 168.0 | CUMPLE | 104.9 | - | 58.97 | 55.49 | NO CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron resultados más positivos que negativos, en el parámetro de Radio mínimo el 100% de las curvas cumple con lo establecido por la normativa, mientras que, en el parámetro de Longitud mínima, solo el 50% de las curvas cumple con los valores mínimos. (Figura 42).

Figura 41. Porcentaje de comprobación de los parámetros de diseño para curvas horizontales con INVIAS 2008



Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura siguiente se muestra la ubicación espacial de las curvas horizontales presentes en la zona homogénea.

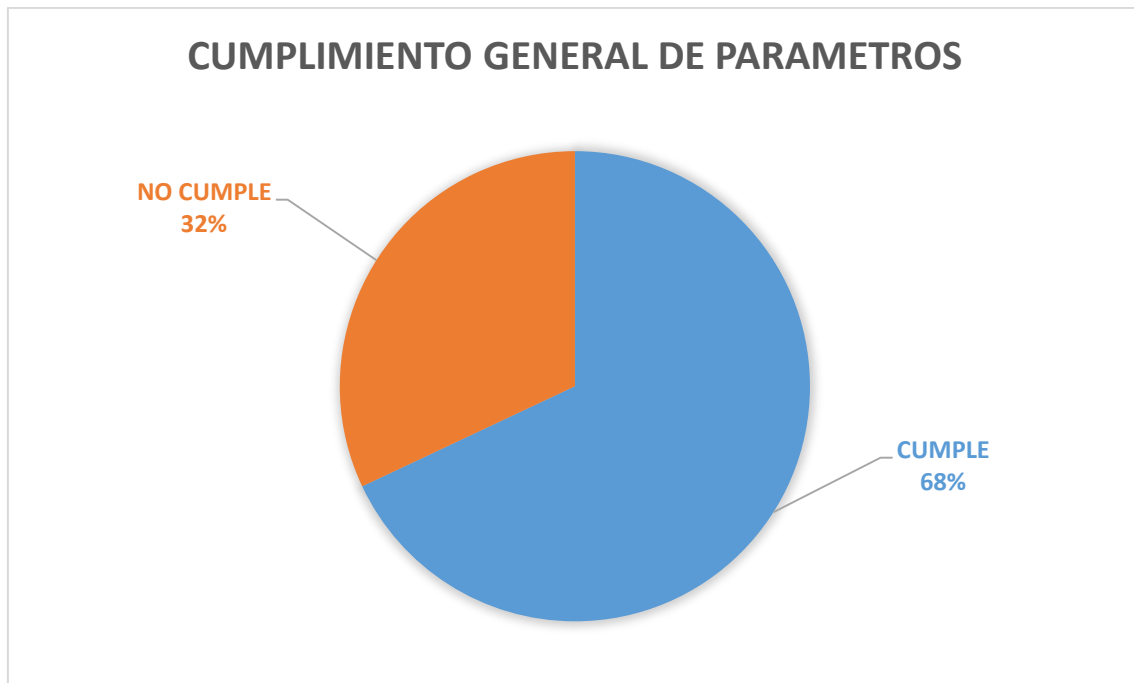
Figura 42 Ubicación espacial Curvas Horizontales zona homogénea 11



Fuente: Elaboración propia. Google Earth

A manera general del proyecto se contempla un porcentaje de cumplimiento del 68% de cumplimiento en los parámetros evaluados. (Ver Figura 44)

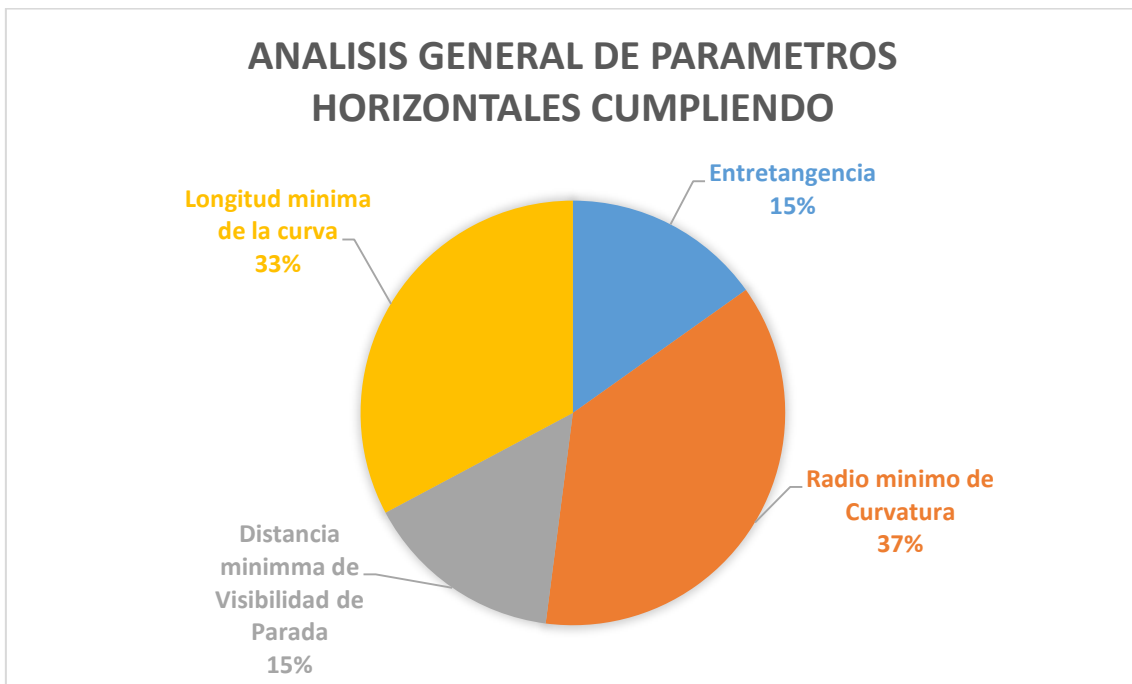
Figura 43. Porcentaje de Cumplimiento general de parámetros



Fuente: Elaboración propia.

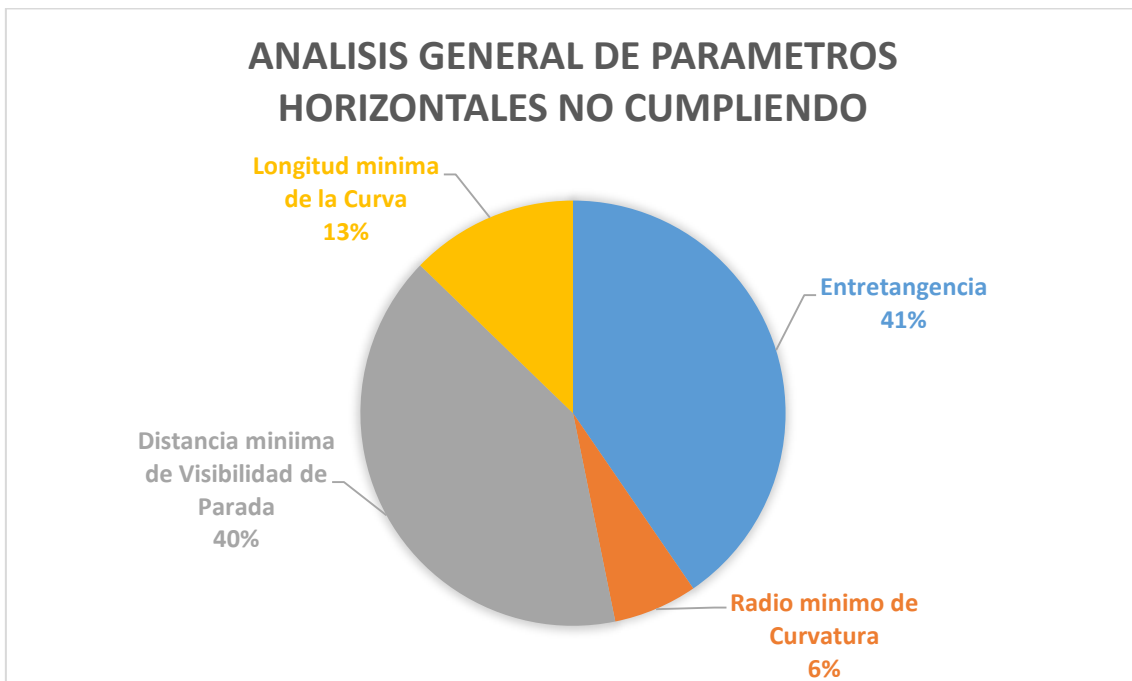
Además, se observa el comportamiento general de los parámetros del alineamiento horizontal en función de lo indicado por la normativa en las figuras 45 y 46, y los parámetros del alineamiento vertical en la figura 47.

Figura 44. Análisis general de parámetros horizontales (CUMPLEN)



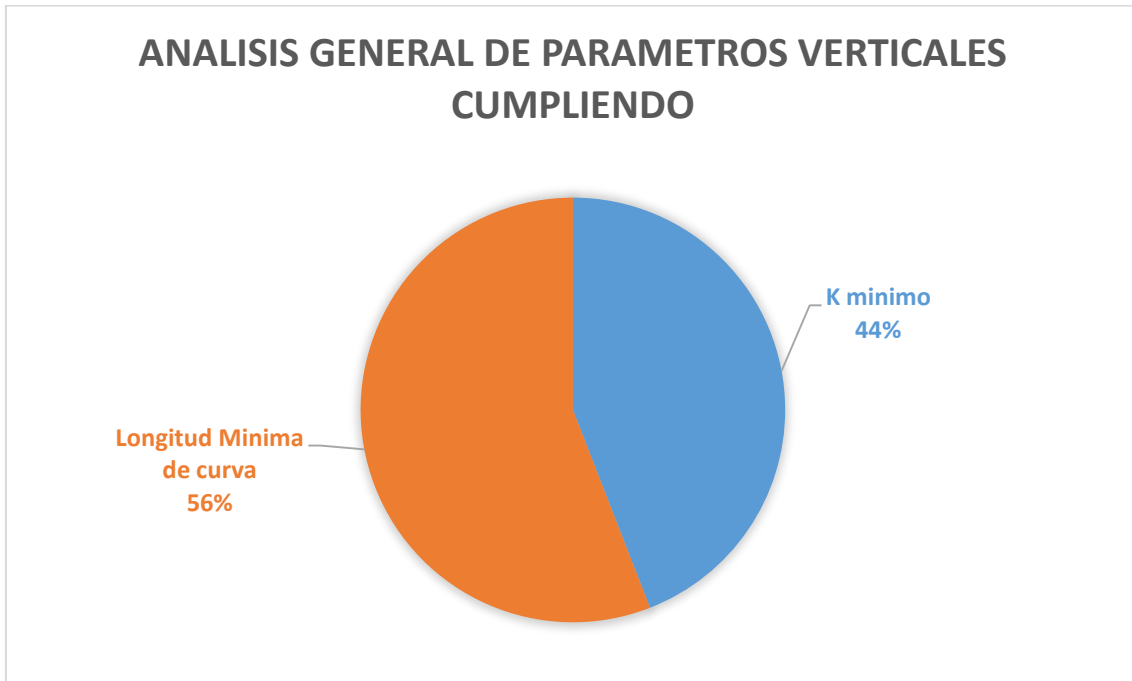
Fuente: Elaboración propia

Figura 45. Análisis general de parámetros horizontales (NO CUMPLEN)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. Análisis General de Parámetros verticales (CUMPLE)



Fuente: Elaboración propia

6. LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se exponen las limitaciones y recomendaciones encontradas a lo largo del desarrollo de este proyecto, para futuras investigaciones, con el fin de que estas se tengan en cuenta y hacer más productivos los resultados obtenidos.

6.1 LIMITACIONES

Las limitaciones presentas en esta investigación se describen a continuación:

- Adquisición de información secundaria referente a las características del diseño geométrico del proyecto, debido a que la información suministrada por la Concesión Costera fue parcial e impidió la evaluación del mayor número de parámetros. Así mismo, para la obtención de los informes de accidentes completos, ya que solo se recibió información de frecuencia de accidentes, fecha y Abscisa, evitando la aplicación de índices de accidentes que contemplan la gravedad y daños a la propiedad.

6.2 RECOMENDACIONES

Estas recomendaciones se plantearon por los sectores de estudio determinados en la metodología.

6.2.1 Sector de estudio uno

En el sector uno, se encuentran ubicadas las zonas homogéneas comprendidas entre el Club de Sub-Oficiales de Crespo y Hotel las Américas. Estas tienen similitud en cuanto a demanda peatonal ya que se caracteriza, como se mencionó en la sección 5.1 y 5.2, alta demanda peatonal y además distinguido como zona turística y hotelera, por otra parte el 50% de los “lugares peligrosos” (PIARC, 2003), identificados en el análisis de accidentalidad, se encuentran ubicados en este sector.

Cuadro 53 Comparación antes de intervención y diseño proyectado Sector 1

| ANTES INTERVENCION | DISEÑO PROYECTADO | RECOMENDACION |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Se realizaban giros a la izquierda, en los sentidos mostrados en la Figura 54. | <ul style="list-style-type: none"> Para la trayectoria de vehículos desde Cartagena y desean tomar el retorno, toman el ramal de giro para llegar a su destino (Paso elevado Cielo Mar) tomando la calzada de servicio, ver Figura 56. | <ul style="list-style-type: none"> Para retorno Cielo mar se recomienda la Semaforización del ramal de giro que toma calzada de servicio. Evaluar los conflictos de tráfico que puedan presentarse en la calzada de servicio por ser una calzada bidireccional y de anchos de carriles insuficientes para demanda vehicular. |
| <ul style="list-style-type: none"> No existía separación entre tráfico vehicular y peatonal, por ende, no había presencia de senderos peatonales como en la zona de acceso a la playa y la zona urbana de Cielo Mar. | <ul style="list-style-type: none"> Se proyecta carril de acceso y retorno para sector cielo mar. No se proyectan en el diseño paraderos peatonales para acceso a la playa y viviendas en Cielo Mar, ver Figura 18-20. | <ul style="list-style-type: none"> No es clara la ubicación y acceso al paradero de las Américas, ya que, según lo analizado y mostrado en el Informe de Movilidad presentado por la ANI, se da por entendido que cruce peatonal se realiza por medio del deprimido del Hotel, ver figura 22. |
| <ul style="list-style-type: none"> No había presencia de paradero de transporte público en zona de playa y Cielo Mar. | <ul style="list-style-type: none"> No se proyectan paraderos para el transporte público en zona de la playa y viviendas Cielo Mar. No obstante, se encuentra un paradero ubicado en el deprimido de Hotel las Américas, ver Figura 22. | |

ANALISIS DE ACCESO A SITM (TRANSCARIBE)

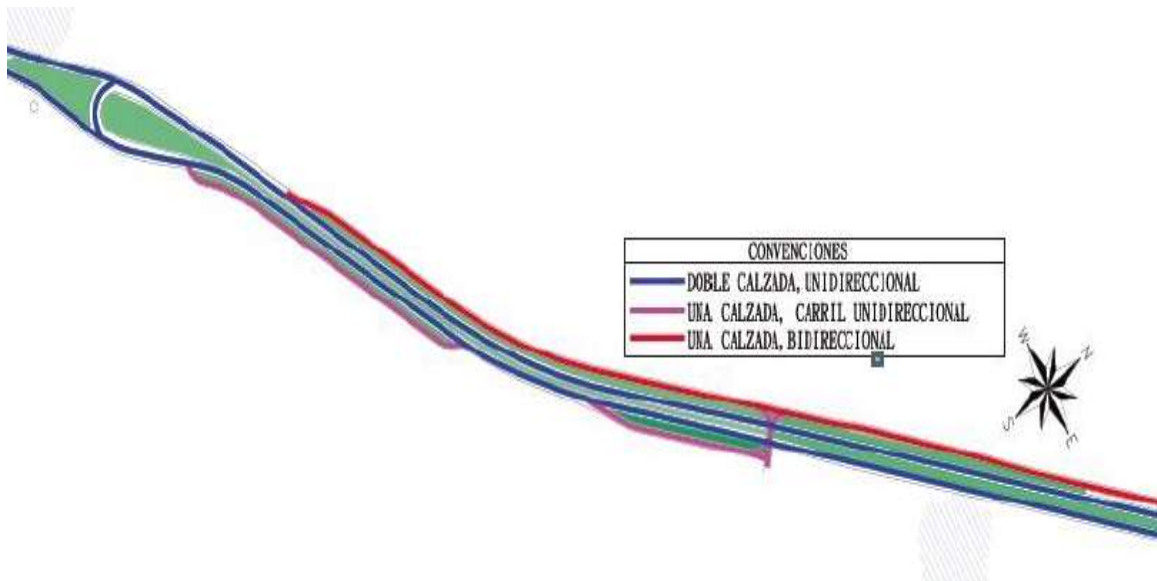
| | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Este sector es conocido por el alto crecimiento de la demanda hotelera, por lo tanto, el traslado de empleados hacia su zona de trabajo es constante y solo era abastecido por el transporte público informal (Buses de Vehitrans y Pemape). Solo hace un año se implemento la ruta alimentadora T102 de Transcaribe, ver Figura 23, ahorrando a estos usuarios casi una hora de viaje los cuales la gran mayoría reside en barrios retirados a más de una hora en transporte publico de la Zona Norte. • El gran número de empleados del Hotel las Américas, de los hoteles y condominios del área, tienen este sitio como punto de parada de las diversas rutas de transporte público para dirigirse a su destino, ya sea para centro de convenciones de las Américas o hacia la zona hotelera. De igual forma algunos vehículos e inclusive una ruta de buses dan giro en este punto para retornar hacia Cartagena. | <ul style="list-style-type: none"> • No se evidencia solución de senderos peatonales para solucionar conflicto de peatones a la hora de tomar el SITM. Los cuales se ven expuestos a transitar por berma de vía, ver Figura 24. Por lo cual en la Figura 25 muestra recorrido realizado por peatones para dirigirse a zona norte y/o zona de trabajo, el cual es un recorrido bastante extenso, lo que expone al peatón aún más a verse involucrado en un accidente dentro de una vía doble calzada, donde vehículos se desplazan a velocidades mayores a 60 km/h. • Se implemento retorno deprimido para tomar calzada de servicio para retornar hacia Cartagena. | <ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda la implementación de senderos peatonales y accesos peatonales que conecten doble calzada con deprimido de creso. El peatón se ve obligado a trasladarse por medio del guardarraíl de la calzada y por berma, ver Figura 24. • Ampliación Ruta T102 para cubrir demanda de la Zona Norte y evitar el traslado de peatones por trayectos de gran longitud sobre una vía de doble calzada. • Se recomienda estudio de Origen y destino de estos peatones, quienes involucran, turistas, empleados de zona hotelera y residentes zona norte. Para la implementación de nuevas rutas del SITM y brindar cobertura a poblaciones aledañas a la concesión como La Boquilla, Cielo Mar, Tierra Baja, Barcelona de Indias, Manzanillo del Mar, entre otras. |
|---|--|--|

Figura 47 Sector Cielo Mar antes de intervención- Giros a la izquierda



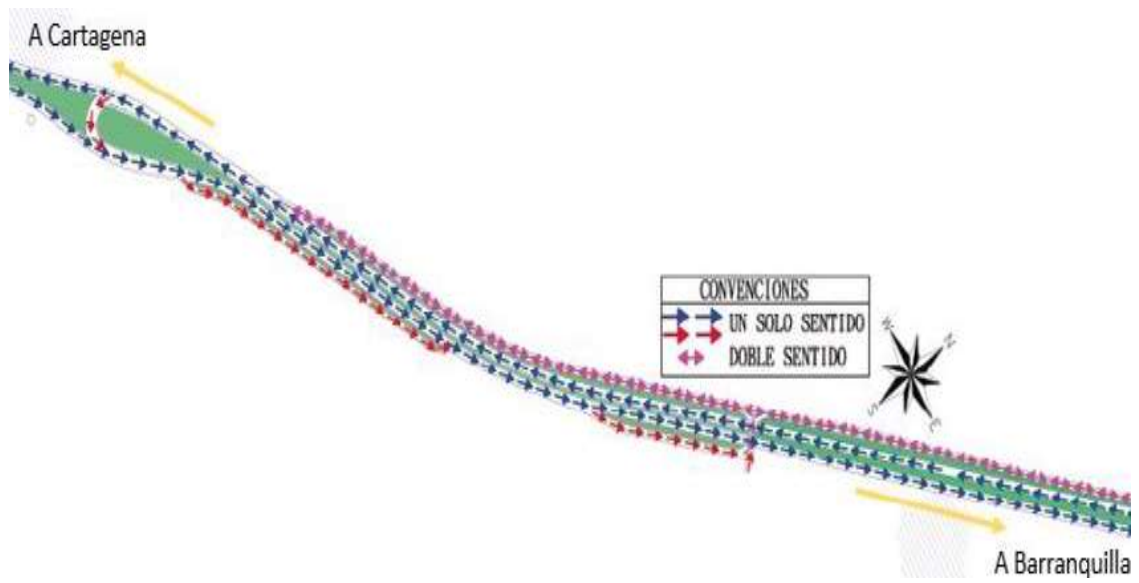
Fuente: Elaboración Propia

Figura 48 Configuración Geométrica Intersección Cielo Mar- Diseño Proyectado



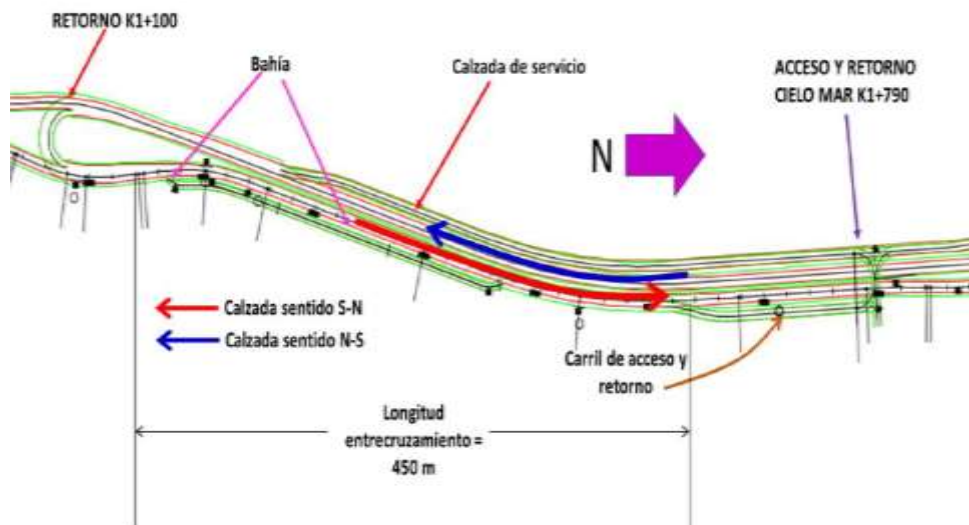
Fuente: (ANI, 2016)

Figura 49 Sentidos viales Intersección Cielo Mar- Diseño proyectado



Fuente: (ANI, 2016)

Figura 50 Detalle operacional unidad funcional uno y dos entre retorno la Bocana e Intersección Cielo Mar



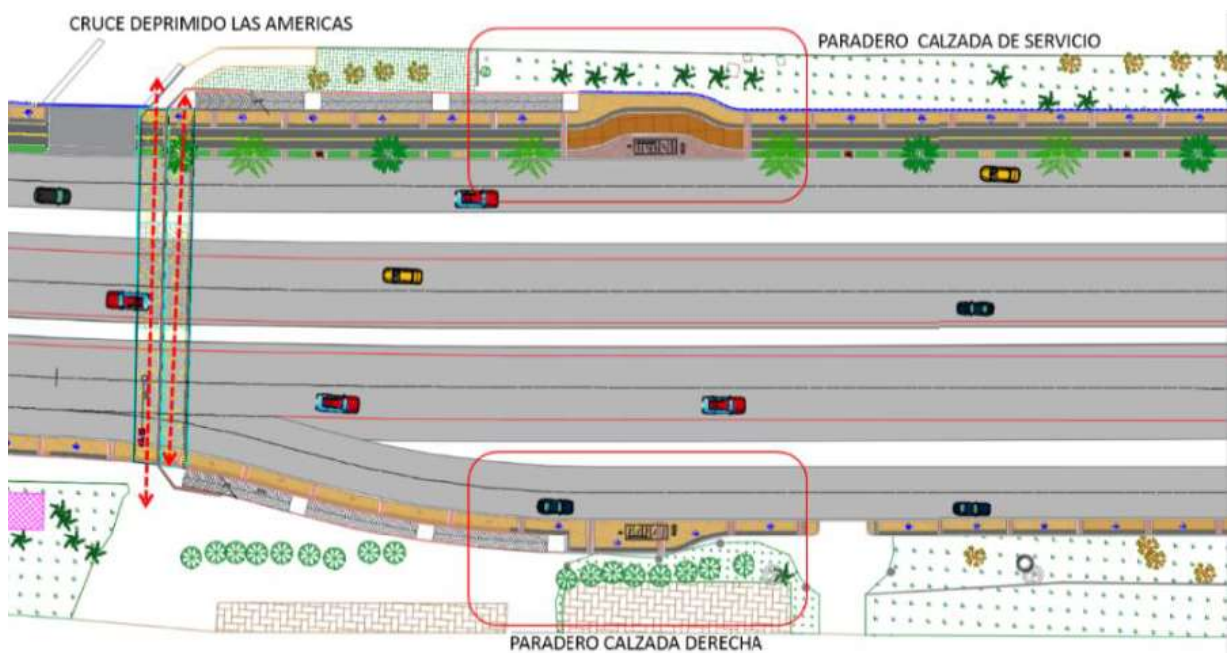
Fuente: (ANI, 2016)

Figura 51 Flujos Peatonales Sector Uno



Fuente: (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016)

Figura 52 Paradero Cruce Peatonal Deprimido Hotel las Américas (K1+680)



Fuente: (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016)

Figura 53 Paraderos de Transcribe Ruta T102- Crespo



Fuente: (Mi Ruta Facil, 2017)

Figura 54 Evidencia de no presencia de senderos peatonales en sector 1



Fuente: Elaboración Propia. Google Earth

Figura 55 Recorrido Usuarios ruta T102- Zona Norte



Fuente: Elaboración Propia. Google Earth

6.2.2 Sector de estudio dos

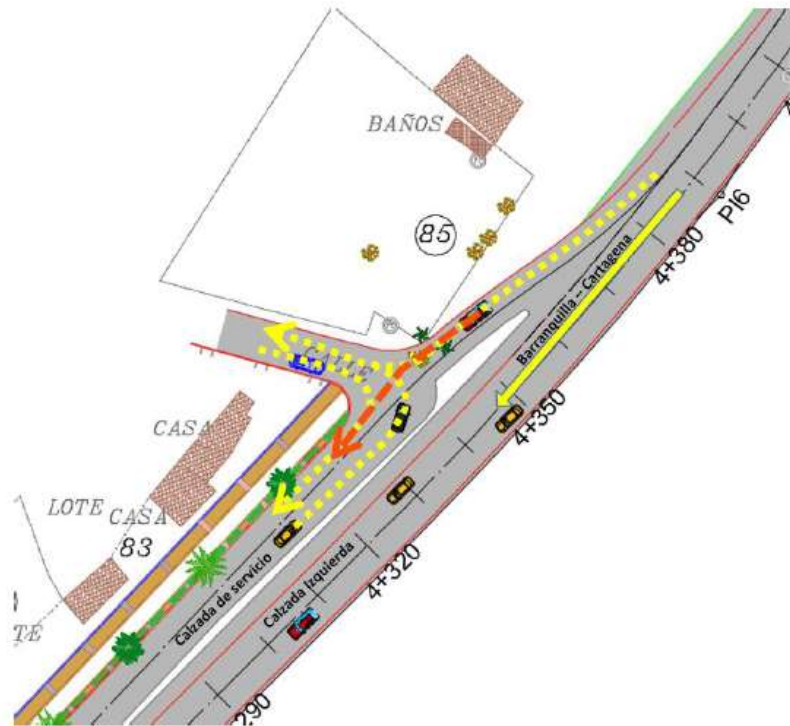
En el sector dos, se encuentra ubicado entre las zonas homogéneas Zona Hotelera y Puente el Cañón. Como característica principal es un sector 70% residencial y 30% comercial que desde restaurantes, hoteles y establecimientos recreativos. Cuenta con el otro 50% de las zonas homogéneas identificadas como “Lugares Peligrosos” según análisis de accidentalidad (PIARC, 2003), estas zonas son La Boquilla y Puente el Cañón. Las diferentes actividades actuales que se presentan a lo largo del recorrido generan flujos peatonales longitudinales y transversales en ciertos puntos que al momento de proyectar la autopista pueden generar conflictos de movilidad peatonal (ANI, 2016).

Cuadro 54. Comparación antes de intervención y diseño proyectado Sector 2

| ANTES NTERVENCION | DISEÑO PROYECTADO | RECOMENDACION |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Para acceder a zonas como La Boquilla, Zona Hotelera, Residencias o lugares comerciales el giro a la izquierda era la solución de acceso, en sentido Cartagena-Barranquilla. | <ul style="list-style-type: none"> • Se integran nuevos retornos en las américas y un retorno al final del viaducto para ingresar a poblaciones como La Boquilla, Zona hotelera. Estos accesos solos son posibles tomando la calzada de servicio. | <ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda realizar estudio de nivel de capacidad y transito futuro. Para evaluar la capacidad de calzada de servicio ya que en diseños el flujo esta desviado prácticamente a esa calzada. La cual siempre tendrá alta demanda por los accesos a zonas residenciales y comerciales. • Se recomienda la ubicación de puentes peatonales, secciones semaforicas. En cada acceso a poblaciones aledañas, así mismo, soluciones de paraderos de transporte público. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Alto demanda de motocicletas que transitan por este sector, por motivo que la cobertura de transporte público para esa zona es escasa. | <ul style="list-style-type: none"> • No se encontró implementación de carriles solo motocicletas, que eviten las colisiones por altas velocidades y giros a la izquierda. | |
| <ul style="list-style-type: none"> • No existen senderos peatonales i semaforización para el cruce longitudinal y transversal de residentes del sector y/o turistas. | <ul style="list-style-type: none"> • Solo se encuentra planteada medida peatonal en zona Las Américas. Que no cubre la demanda de peatones en este sector. | |
| | | |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 56 Movilidad Vehicular finalización calzada de servicio.



Fuente: (ANI, 2016)

Figura 57 Transito longitudinal y transversal de peatones sin senderos peatonales



Fuente: Elaboración Propia. Google Earth.

Figura 58 Transito longitudinal y transversal de peatones sin senderos peatonales y accesos a residencias



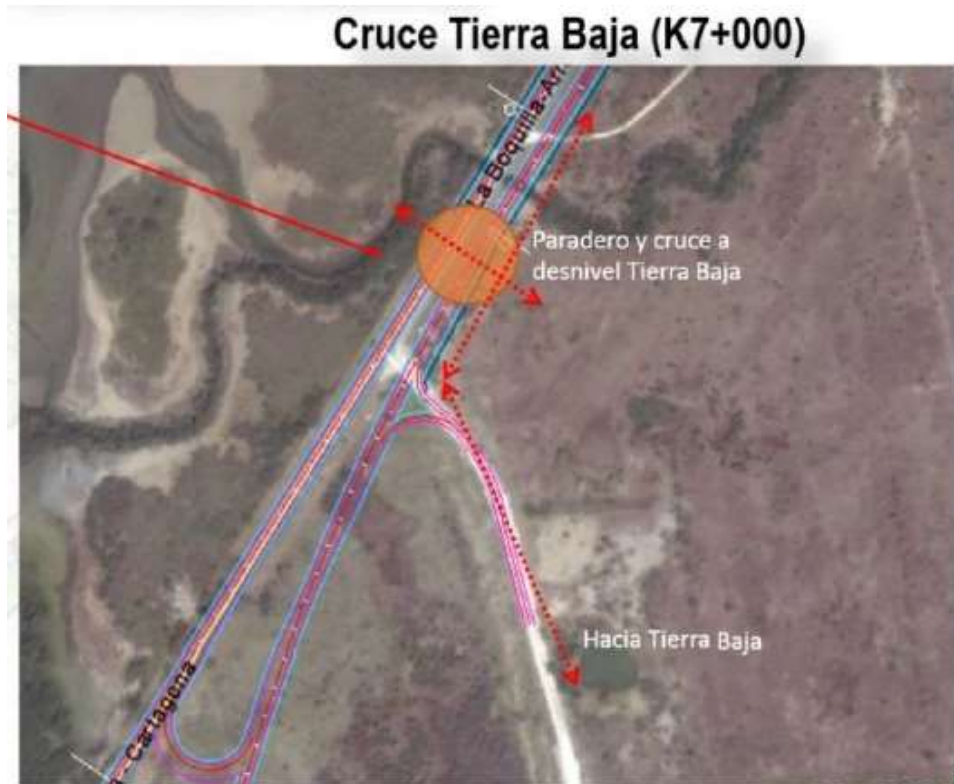
Fuente: Elaboración Propia. Google Earth.

6.2.3 Sector de estudio tres

En el sector tres, se encuentra ubicado entre las zonas homogéneas Tierra Baja y Serena del Mar. Las cuales poseen un volumen de transito menor con respecto a las zonas anteriores, este sector es caracterizado principalmente como zona de acceso a población de Tierra Baja y Serena del Mar. En este sector se realiza el ascenso y descenso de pasajeros que tienen como destino estas poblaciones. En el diseño del proyecto se evidencia la construcción de un puente peatonal y paraderos peatonales, los cuales se visualizan en la Figura 60.

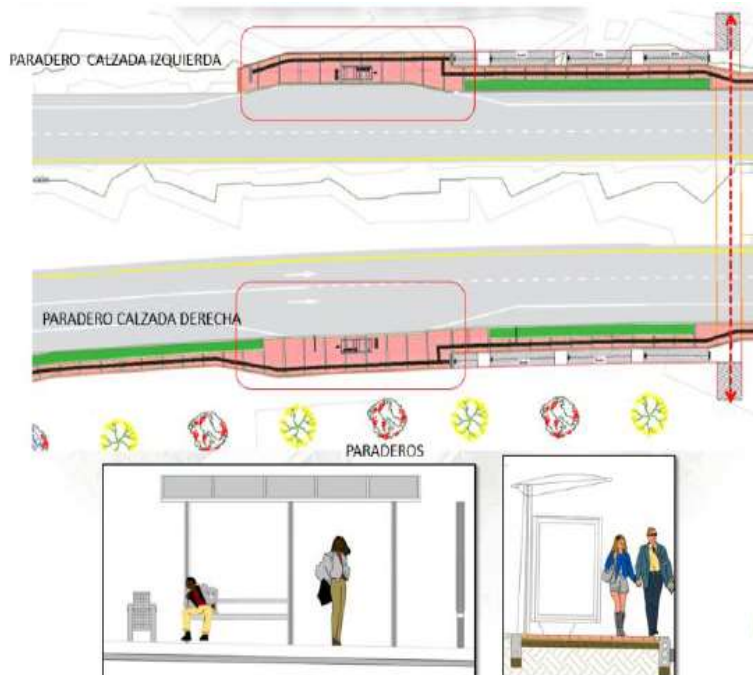
Para el cruce de Tierra Baja, es un cruce deprimido localizado en K7+000, cuenta con sus respectivos paraderos y todos los elementos de Espacio Público, además de cumplir con toda la normatividad requerida. Este cruce conjuntamente de resolver el paso de peatones en esta zona, también sirve de paso de semovientes.

Figura 59 Cruce y paradero a desnivel de Tierra Baja



Fuente: (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016)

Figura 60 Paradero sector Tierra Baja



Fuente: (Agencia Nacional de Infraestructura, 2016)

7. CONCLUSIONES

Con este trabajo de investigación se pretende sentar una base para proyectos de carreteras que deseen priorizar la seguridad de sus usuarios, garantizándoles por lo menos un diseño geométrico adecuado, así como en estados unidos según lo expuesto por Colucci & Rivera, realizan auditorias de diseño en sus sistemas viales, obteniendo resultados e impactos positivos. Mientras en Colombia, se implementan las auditorias de seguridad vial en el año 2014 solo en etapa de operación como lo indica Cifuentes Ospina, es por ello que se condujo a la elaboración del estudio de seguridad vial en fase de diseño del proyecto “concesión costera Cartagena-Barranquilla y circunvalar de la prosperidad”, por lo tanto:

1. Una vez concluido el estudio de seguridad vial al proyecto, en su fase de diseño (alineamiento vertical y horizontal) se encontró que el 68% de la longitud total evaluada, aproximadamente 7 kilómetros, cumplen con los criterios de diseño evaluados, tales como: Radio mínimo de Curva, Entretangencia, K mínimo, entre otros.
2. Dentro de los criterios de diseño a nivel horizontal y vertical considerados por el manual INVIAS 2008, se encontró que los más favorables entre los analizados son el Radio mínimo de la Curva y la Longitud mínima de Curva Vertical, con un 37% y 56% de cumplimiento respectivamente a manera general en sus alineamientos.
3. En los criterios de diseño evaluados a nivel transversal, tales como: Ancho de calzada, Ancho de berma, entre otros. Se encontró al proyecto a manera general en sus dos unidades funcionales cumpliendo en un 100% con lo considerado por la normativa.

4. De las once zonas homogéneas identificadas, se diagnosticaron mediante la evaluación de criterios indicados por la PIARC, 7 zonas como ‘‘Lugares no peligrosos y 4 zonas como ‘‘Lugares peligrosos’’, representadas en un 64.7% y un 36.3% respectivamente. De las cuales las zonas más críticas son: la Zona club de suboficiales de crespo, Blas el teso, La Boquilla y puente el cañón. Representadas en los dos primeros sectores, producto de su alta densidad poblacional, y el nivel de riesgo alto.

5. Por otra parte, se determinaron que las zonas menos críticas, donde el nivel de riesgo es menor y la densidad poblacional es baja, se presentan en un 60% del sector de Club de sub-Oficiales de Crespo, un 50% para el sector de la Boquilla y un 100% para el sector de Tierra Baja.

6. Como recomendación general del análisis realizado en esta investigación se tuvo:
 - En el sector del Hotel las Américas y la entrada a la playa se recomienda que adicional al deprimido proyectado, se disponga de un cruce peatonal semaforizado para la entrada a la playa o en su defecto se construya un puente peatonal. En esta clase de proyecto es recomendable que la infraestructura proyectada se adecue de tal manera que faciliten la accesibilidad a las personas con movilidad reducida, sea temporal o permanente, o cuya capacidad de orientación se encuentre disminuida por la edad, analfabetismo, limitación o enfermedad, de conformidad con las normas establecidas por la ley.
 - Con las ubicaciones del puente peatonal en el sector de Tierra Baja y el deprimido peatonal a la altura del Hotel Las Américas se considera que se dispone de la infraestructura peatonal necesaria para satisfacer la demanda peatonal esperada una vez se culmine con la construcción del Proyecto Vial en las Unidades Funcionales 1 y 2 de la Concesión Costera Cartagena - Barranquilla.
 - Se puede decir que para el puente peatonal en el sector de Tierra Baja para el tránsito peatonal evaluado según la demanda peatonal existente y

proyectada se tiene que con la sección transversal mínima de 2,4 metros de ancho se ofrecerá un excelente nivel de servicio a los peatones de la zona de influencia.

- De acuerdo con el Manual de Señalización Vial, Resolución 1885 de junio de 2015 (Resolución 1885, 2015), el diseño de un puente peatonal o paso peatonal bajo nivel (túnel) debe ceñirse a las especificaciones elaboradas por la autoridad competente:
 - ✓ Que el cruce en la superficie, en las proximidades del paso a desnivel y bajo sobre éste, según sea el caso, esté impedido por rejas u otros dispositivos de segregación.
 - ✓ Que sus entradas, salidas y travesía sean claramente distinguibles y accesibles para los peatones, personas con discapacidad física y personas no videntes.
 - ✓ Que cuenten con adecuada iluminación, especialmente al finalizar cada rampa, y Cuando se trate de túneles, que sus salidas puedan ser visualizadas desde las entradas a ellos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, E., Centeno, A., & Mendoza, A. (s.f.). *INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE*. Obtenido de http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/medicion_gestion_gs/agustin_centeno.pdf
- Agencia Nacional de Infraestructura. (2013). *Contratos de Cuarta Generacion* .
- Agencia Nacional de Infraestructura. (2016). *Estudio de Movilidad , Unidad Funcional 1 y 2*. Bogota D.C.
- Alarcón Dallos, J. R. (Febrero-Mayo de 2015). Índices de severidad para auditorías de seguridad vial en carreteras colombianas. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 44, 203-221. Recuperado el 17 de Abril de 2017, de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/625/1160>
- ANI. (2016). *Estudio de transporte Unidad funcional uno*. Agencia Nacional de Infraestructura, Bogota D.C.
- ANI. (2016). *Estudio de trazado y diseño geometrico, Unidad funcional 1*. Bogota D.C.
- Banco Interamericano de Desarrollo, & Asociacion Española de la Carretera. (2013). *Diagnostico de Seguridad Vial en Colombia*.
- Bernal, O. H., Giraldo, L., Reyes, F. A., Florez, C. F., & Quintana, L. (s.f.). *Incidencia de las características geométricas y de tránsito en vías de altas montañas y de bajas especificaciones geométricas sobre la accidentalidad. Caso plan 2500, caso del Quindío*.
- Bustamante, A. (2010). *Velocidad en carreteras, Nueva normatividad en Colombia*. Obtenido de Expovial: <http://www.expovialcolombia.co/galeria-de-imagenes/memorias-cisev-2012.htm>
- Cal y Mayor y asociados, S.C. (2005). *Manual de Auditorias de Seguridad Vial: estrategia para contribuir a la disminucion de los indices de accidentalidad Vial en la ciudad de Bogota, D.C*. Bogota.
- Cartagena, A. d. (2001). Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias. *Decreto No 0977 de 2001*. Cartagena de Indias, Colombia.
- Castillo, M. D. (2013). *Comportamiento de muertes y lesiones por accidente de transporte, Colombia*., Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Recuperado el 25 de Marzo de 2017
- Chacon, M., & Saenz, L. (2016). *IMPORTANCIA DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL – (ASV) EN CONCESIONES VIALES DE COLOMBIA*. BOGOTA: UNIVERSIDA DE CATOLICA DE COLOMBIA.

- Cifuentes Ospina , N. (2014). *Estudio de seguridad vial para determinar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad carretera Bogotá-Villavicencio a partir de la salida del túnel de Boquerón a Puente Quetame*. Obtenido de Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito : <http://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/133/1/MAESTRIA.%20Estudio%20de%20Seguridad%20Vial%20para%20determinar%20la%20incidencia%20del%20dise%C3%B1o%20geom%C3%A9trico%20en%20la%20acc.pdf>
- Colucci, B., & Rivera, J. (2005). Auditorias de seguridad en las carreteras y su aplicación al sistema de red de carreteras del Caribe y América Latina. *Third LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCET'2005)*. Cartagena de Indias, Colombia.
- Dourthé, A., & Salamanca, J. (Marzo de 2003). Guía Para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial. *Guía Para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial*. Chile: CONASET.
- F. Alrukaibi, T. Sayed, & P. de Leur. (2013). Introducing Road Safety Audits in Kuwait: Kabd Road case study. *Advances in Transportation Studies an international Journal*, 47-58.
- INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Vías*.
- Mendoza, L. E., & Muñoz, L. (2016). Propuesta de una metodología estandar de Auditoria de Seguridad Vial para una carretera en etapa de operacion, aplicada en el tramo Urcos - Juliaca (Km.1014 + 000 al Km.1310 + 000) . lima, Perú.
- Mi Ruta Facil*. (23 de Noviembre de 2017). Obtenido de <https://mirutafacil.com/ruta-t102-portal-crespo-cartagena-colombia/>
- Ministerio de Transporte. (2012). *Resolucion 001282*.
- Ministerio de Transporte. (2014). *Resolucion 0002273 " Por la cual se ajusta el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021 y se dictan otras disposiciones*.
- Ordoñez, H. O. (julio-agosto de 2014). La Complejidad del problema de inseguridad vial. *CARRETERAS*, Vol. 13(1) 105(196).
- Ospina, N. C. (2014). *ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA DEL DISEÑO GEOMETRICO EN LA ACCIDENTALIDAD CARRETERA BOGOTÁ-VILLAVICENCIO A PARTIR DE LA SALIDA DEL TÚNEL DE BOQUERÓN A PUENTE QUETAME*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá.
- P & M Ingenieros Asociados. (2012). *Informe de Auditoria de Seguridad Vial de la Vial al Mar : Ruta Nacional 90A*. Cartagena.
- PIARC. (2003).

- PIARC World Road Association Technical Committee on Road Safety. (2003). *Road Safety Manual* (Vol. Pag 104).
- Resolucion 1885. (2015). *Manual de Señalización Vial*.
- Sampieri, R. H., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodologia de la Investigacion* (4ta Edicion ed.). Iztapalapa. Mexico D. F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolivar, SIAB. (8 de Julio de 2015). *Propuesta sobre Viaducto Gran Manglar*.
- Taddia, A. P. (Julio-Agosto de 2014). Inter-American development bank Road Safety Strategy, Progress and Experiences. *CARRETERAS*(196).
- Unidas, N. (s.f.). *Plan Mundial para el decenio de accion para la seguridad vial 2011-2020*.
- Víctor , C., Garcés, P., & Márquez, L. (2015). Factors influencing the occurrence of traffic accidents in urban roads: A combined GIS-Empirical Bayesian approach. *DYNA*, 21-28. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v83n195.47229>