



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA
MO-518 TRAMO LOS ÁNGELES – YACANGO, MOQUEGUA,
CON LA APLICACIÓN DEL VEHICLE TRACKING DE
AUTOCAD CIVIL 3D

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JHON ALEX MAQUERA MAQUERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERU

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO
**EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO
DE LA CARRETERA MO-518 TRAMO LOS
ÁNGELES - YACANGO, MOQUEGUA, CO
N L**

AUTOR
JHON ALEX MAQUERA MAQUERA

RECuento DE PALABRAS

21825 Words

RECuento DE CARACTERES

109567 Characters

RECuento DE PÁGINAS

108 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 10, 2023 9:49 AM CST

FECHA DEL INFORME

Jul 10, 2023 9:51 AM CST

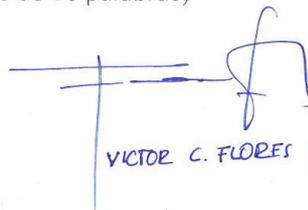
● 8% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 7% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)


VICTOR C. FLORES FLORES


M. Sc. Luis Alberto Mamani Huancu
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
EPITA - FCA

Resumen



DEDICATORIA

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por guiarme hasta este punto de mi vida, por su generosidad, su amor incondicional y por nunca abandonarme, incluso en los momentos más desafiantes, siempre manteniendo mi fe intacta.

También quiero expresar mi gratitud a mis padres, Don Hernán Demetrio y Rebeca, por guiarme por el camino correcto, inculcándome valores sólidos y proporcionándome una educación de calidad. Agradezco sus incansables esfuerzos desde el día en que nací, sus consejos y por ayudarme a convertirme en la mejor persona que esperaban que fuera.

A la Doctora Lizeth Erika que siempre me dio el aliento de ser el mejor y poder superarme profesional y personalmente, además de darme su apoyo incondicional.

Jhon Alex.



AGRADECIMIENTOS

- *A la “Universidad Nacional del Altiplano”, por haberme acogido en sus claustros universitarios siendo pilar fundamental de mi formación profesional.*
- *A la “Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura”, a todos los docentes, porque ellos con sus conocimientos me guiaron, para ser un gran profesional y desarrollarme eficientemente frente a la sociedad.*
- *A mis miembros del jurado M.Sc. Alberto Ramos Vilca, Dr. Jorge Aroste Villa, Dr. Fausto Alan Lazarte Velarde y Director: Ing. Víctor Cipriano Flores Flores por su comprensión y colaboración al evaluar esta investigación.*

Jhon Alex.



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 17

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 18

1.2.1 Pregunta general..... 18

1.2.2 Preguntas específicas 18

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 18

1.3.1 Hipótesis general 18

1.3.2 Hipótesis específicas 18

1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN..... 19

1.4.1 Objetivo general 19

1.4.2 Objetivos específicos 19

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 19



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.2	MARCO TEÓRICO	24
2.2.1	Clasificación de carretera	24
2.2.2	Clasificación por condición orográfica	25
2.2.3	Vehículo de diseño	25
2.2.4	Giro mínimo de vehículos	26
2.2.5	Índice medio diario anual (IMDA)	29
2.2.6	Velocidad de diseño	30
2.2.7	Distancia de visibilidad	32
2.2.8	Calzadas	33
2.2.9	Curvas	36
2.2.10	Radios mínimos.....	42
2.2.11	Peralte.....	46
2.2.12	Sobreechancho	47
2.2.13	Distancias	50
2.2.14	Autodesk AutoCAD civil 3d.....	52
2.2.15	Vehicle Tracking	53

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	ZONA DE ESTUDIO.....	66
3.1.1	Ubicación política	66
3.1.2	Ubicación en coordenadas UTM.....	66
3.1.3	Vía de comunicación y accesibilidad	67



3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	69
3.2.1	Materiales	69
3.2.2	Equipos.....	69
3.2.3	Instrumentos	69
3.2.4	Software empleado.....	69
3.3	DESARROLLO METODOLÓGICO	70
3.3.1	Método de la investigación	70
3.3.2	Tipo de investigación	70
3.3.3	Nivel de investigación.....	70
3.3.4	Diseño de investigación	71
3.3.5	Población.....	71
3.3.6	Muestra.....	71
3.3.7	Variables	71
3.4	PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	72
3.4.1	Fase 1: Recolección del espacio de trabajo.....	72
3.4.2	Fase 2: Levantamiento topográfico:.....	72
3.4.3	Fase 3: Estudio de tráfico vehicular	73
3.4.4	Fase 4: Calculo de parámetros de la carretera.....	76
3.4.5	Fase 5: Estudio de vehículo de diseño	77
3.4.6	Fase 6: Simulaciones en el Vehicle Tracking	79
3.4.7	Fase 7: Estudio de sobreanchos requeridos.....	82

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	84
4.1.1	Para el objetivo general.....	84



4.1.2	Para objetivos específicos	84
4.1.3	Error de la muestra y nivel de confianza.....	84
4.1.4	Los instrumentos de observación	85
4.2	PRUEBA ESTADÍSTICA	85
4.2.1	Prueba Estadística para el Primer Objetivo.....	85
4.2.2	Prueba Estadística para el Segundo Objetivo.....	87
4.2.3	Prueba Estadística para Tercer Objetivo	96
4.3	RESULTADO PARA LOS OBJETIVOS.....	97
4.3.1	Resultados del primer objetivo especifico	97
4.3.2	Resultado del segundo objetivo especifico	98
4.3.3	Resultados del tercer objetivo especifico	98
4.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	99
4.4.1	Discusiones del primer objetivo especifico.....	99
4.4.2	Discusiones del segundo objetivo especifico	100
4.4.3	Discusiones del tercer objetivo especifico	101
V.	CONCLUSIONES	102
VI.	RECOMENDACIONES.....	104
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
ANEXOS.....		108

Área : Diseño de Vías y Gerencia de Vías

Línea : Diseño de Carreteras

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 de julio 2022



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de vías en el Perú.....	24
Tabla 2. Clasificación orográfica.....	25
Tabla 3. Datos de vehículos de tipo M.	26
Tabla 4. Radios mínimos para ómnibus B3.....	27
Tabla 5. Radio mínimos de semirremolque o semi-trailer T2S1.....	27
Tabla 6. Rangos de velocidad en función de clasificación y orografía.	31
Tabla 7. Velocidad de diseño mínimo para caminos.	31
Tabla 8. Distancia de visibilidad de parada con pendiente.....	32
Tabla 9. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento.	32
Tabla 10. Ancho total de carril (en metros).....	34
Tabla 11. Anchos mínimos de calzada en tangente.....	35
Tabla 12. Variaciones de la aceleración transversal por unidad de tiempo.	38
Tabla 13. Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición.	38
Tabla 14. Radio exterior mínimo y radio mínimo interior adoptado.....	42
Tabla 15. Radio mínimo y peralte máximo para diseño de carreteras.....	43
Tabla 16. Relación entre radios consecutivos – grupo 1.	44
Tabla 17. Relación entre radios consecutivos – grupo 2.	45
Tabla 18. Radios mínimos.	46
Tabla 19. Valores de peralte máximo.	46
Tabla 20. Inclinación de berma.	47
Tabla 21. Longitudes de tramos en tangente.	50
Tabla 22. Ubicación UTM WGS 84 – 19S del área de estudio.....	66



Tabla 23.	Carreteras de acceso al lugar de estudio.....	67
Tabla 24.	Puntos de control UTM.	72
Tabla 25.	Formato para estudio de tráfico vehicular.	74
Tabla 26.	Cálculo del IMDa tráfico vehicular en ambos sentidos.....	75
Tabla 27.	Características del diseño geométrico según DG-2018.....	76
Tabla 28.	Características de diseño geométrico según AASHTO-2011.....	76
Tabla 29.	Cálculos de VEHICLE TRACKING de ida (C2).....	80
Tabla 30.	Cálculos de VEHICLE TRACKING de retorno (C2).	81
Tabla 31.	Cálculos de VEHICLE TRACKING de ida Ómnibus (B3).....	81
Tabla 32.	Cálculo de VEHICLE TRACKING de retorno Ómnibus (B3).	81
Tabla 33.	Cálculos de VEHICLE TRACKING de semi-trailer.....	82
Tabla 34.	Cálculos de VEHICLE TRACKING de retorno semi-trailer.	82
Tabla 35.	Base de datos calculados por las normas DG-18 Y AASHTO-11.....	83
Tabla 36.	Datos de sobreechornos para el análisis estadístico.....	87
Tabla 37.	Análisis de varianza por sobreechorno lado derecho.....	93
Tabla 38.	Análisis de varianza para el sobreechorno lado izquierdo.....	94
Tabla 39.	Método tukey, sobreechorno lado derecho por diseño.....	95
Tabla 40.	Índice de diferencia significativa TUKEY lado derecho.....	95
Tabla 41.	Método Tukey, sobreechorno lado izquierdo por diseño.....	95
Tabla 42.	Índice de diferencia significativa TUKEY lado izquierdo	96
Tabla 43.	Características alfanuméricas de comparación y verificación.....	97
Tabla 44.	Diferencia de características geométricas.....	99
Tabla 45.	Comparación de estudios según autores.....	100



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Giro mínimo para ómnibus B3 trayectoria 180°	28
Figura 2. Giro mínimo para semi-trailer T2S1 trayectoria 180°	29
Figura 3. Calzada de una vía.	33
Figura 4. Simbología de la curva circular.	37
Figura 5. Curva circular con curva de transición.	39
Figura 6. Curva de inflexión.	40
Figura 7. Curva de vuelta.	41
Figura 8. Sobreechanco de las curvas.	48
Figura 9. Distribución de sobreechanchos en los sectores de transición y circular.	49
Figura 10. Dimensiones del vehículo WB-19 (AASHTO 2011).	51
Figura 11. Módulo Vehicle Tracking en Civil 3D 2022.	54
Figura 12. Autodest VEHICLE TRACKING.	55
Figura 13. Biblioteca de vehículos de MTC DG-2001.	56
Figura 14. Configuración en el Vehicle Tracking.	56
Figura 15. Crear trazos a partir de la opción Auto Drive Arco.	59
Figura 16. Modelo de vehículo T3S1 empleado en la simulación de Vehicle Tracking.	60
Figura 17. Configuración de parámetros de dibujo.	60
Figura 18. Superficies objetivos para Vehicle Tracking.	61
Figura 19. Posicionamiento del vehículo y opciones de visualización.	62
Figura 20. Herramientas para comprobar los diseños.	63
Figura 21. Ventana de control de simulación en Vehicle Tracking.	64
Figura 22. Proceso para crear simulación en planta para el giro de vehículos.	64



Figura 23.	Opciones de simulación mediante control de cámara.	65
Figura 24.	Mapa de ubicación de la carretera.	67
Figura 25.	Plano clave de estudio.	68
Figura 26.	Vehículo de diseño según norma DG-2018 ómnibus (B3).	77
Figura 27.	Vehículo de diseño según la norma AASHTO-2011 semitrailer (WB-19).	78
Figura 28.	Dimensionamiento del vehículo camión (C2).	79
Figura 29.	Detección de curvas críticas tramo KM 7+000 al 8+000.	86
Figura 30.	Detección de curvas críticas tramo KM 8+000 al 9+000.	86
Figura 31.	Tukey al 95%, sobreechancho curvo, vehículos lado derecho.	88
Figura 32.	Tukey al 95%, sobreechancho Curvas vehículos lado izquierdo.	89
Figura 33.	Tukey al 95%, sobreechancho según el diseño lado derecho.	90
Figura 34.	Tukey al 95%, sobreechancho según el diseño lado izquierdo.	90
Figura 35.	Tukey al 95%, sobreechancho según el diseño derecha.	92
Figura 36.	Tukey al 95%, sobreechancho según el diseño izquierda.	92



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
IMDA	: Índice Medio Diario Anual
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation official (asociación americana de autoridades de carreteras y transporte)
DG	: Diseño geométrico de carreteras
KM	: Kilometro
RC	: Radio de Curva
VT	: Vehicle Tracking (seguimiento de vehículos)
UTM	: Universal Transversal de Mercator
ANOVA	: Análisis de Varianzas



RESUMEN

La presente investigación se realizó en la carretera Los Ángeles – Yacango, de la provincia Mariscal Nieto, Región Moquegua, específicamente en el kilómetro 7+000 – 9+000, donde existe curvas en desarrollo muy cerrados. El objetivo fue evaluar el diseño geométrico de la carretera mediante la simulación con el software VEHICLE TRACKING, el tipo de investigación es de nivel descriptivo debido que recolecta información correlacional para las comparaciones de datos. Se utilizó la prueba estadística ANOVA Multivariado para las muestras de datos, donde se comparó el sobreechancho y radios mínimos con Tukey al 95%, se identificó las curvas críticas con tres tipos de vehículos y se vio sus trayectorias, así mismo se comparó los parámetros que se tiene actualmente con la normativa DG-2018 y AASHTO-2011, el resultado que se obtiene es de seis curvas críticas que son (curva 22, curva 24, curva 27, curva 37, curva 38 y curva 39), el cual es defectoso según el Vehicle Tracking, así mismo el ANOVA Multivariado nos detalla que para el sobreechancho de los vehículo aplicados camión C2, ómnibus B3 y semi-trailer T3S1, la que más garantiza un diseño con buenas condiciones de seguridad es la norma americana, finalmente se concluye que al identificar las seis curvas críticas con el Vehicle Tracking la vía actual es deficiente y se tiene que proponer mejorar el diseño de geométrico, y usar los parámetros de diseño del AASHTO-2011.

Palabras clave: Diseño Geométrico, Diseño Vial, Seguridad Vial, Vehicle Tracking.



ABSTRACT

The present investigation was carried out on the Los Ángeles - Yacango highway, in the Mariscal Nieto province, Moquegua Region, specifically at kilometer 7+000 - 9+000 where there are very closed curves in development, the objective was to evaluate the geometric design of the road through simulation with the VEHICLE TRACKING software, the type of descriptive level investigation due to collecting correlational information for data comparisons, the Multivariate ANOVA statistical test was used for the data samples, where the widening and minimum radii were compared , the critical curves with three types of vehicles were identified and their trajectories were seen, likewise the parameters that are currently in place with the DG-2018 and AASHTO-2011 regulations were compared, the result obtained is six critical curves that are curve 22, curve 24, curve 27, curve 37, curve 38 and curve 39, in which it has defects according to Vehicle Tracking, likewise the Multivariate ANOVA details that for the widening of the vehicles applied truck C2, bus B3 and semi-trailer T3S1, the one that most guarantees a design with good safety conditions is the American standard, finally it is concluded that by identifying the six critical curves with Vehicle Tracking the current road is deficient and it is necessary to propose to improve the geometric design , and use the AASHTO-2011 design parameters.

KEYWORDS.

Road safety, road design, geometric design, vehicle tracking.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La carretera comunica e integra poblaciones e industrias, dado que permite la presencia de cambios positivos y desarrollos en la economía en cada una de las regiones del Perú, así como el sistema vial que permite la circulación de vehículos en condición de espacio tiempo. Requiere también de la seguridad vial comodidad para la conducción y sobre todo proyección al mercado de vehículos amplios de carga ancha, así es que topográficamente debemos de adaptar cada diseño de vía para que sea eficiente para el mercado de tránsito de vehículos articulados y rígidos.

Para llevar a cabo que los parámetros de vías sean muy cómodas y seguras tenemos en el Perú una serie de normativas para el diseño de carreteras que nos brinda el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Es mediante ello que los ingenieros de diseño o proyectistas deberían enfocarse en el estudio profundo de cada zona de trabajo.

En el país a cada momento se presentan accidentes de tránsito debido al diseño geométrico y la velocidad en curvas cerradas, Así mismo por la creciente población de vehículos que concurren día y noche en nuestras vías. La vía donde se ejecuta el estudio no es exenta a dichas concurrencias ya que Moquegua se encuentra topográficamente en zonas montañosas con terrenos accidentados y la vía donde se estudia alberga vehículos que existe en la norma DG-2018.



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad las condiciones viales y el vehículo que transita por las carreteras tienen mucha diferencia en el tránsito seguro, puesto que siempre incurrimos que las curvas horizontales de las rutas nacionales, provinciales y vecinales se encuentran deficientes en su diseño geométrico. Es por ello que se determina evaluar el diseño original de la carretera en base al software VEHICLE TRACKING y medir los parámetros con la norma peruana DG-2018 y a la normativa del AASTHO-2011, para analizar las variaciones que presentan, se determinara cuál de estas tiene un diseño de mayor seguridad y comodidad para el usuario.

En el proyecto donde se evaluará el diseño de carreteras para que esta sea muy segura, teniendo en conocimiento de los temas de seguridad no cumplen con los requisitos mínimos de las normas legales establecidas en el Perú. Es por ello que se evaluará el modelamiento de la vía en su trazo con vehículos de diseño rígidos y articulado y reconociendo fallas que se tiene en la vía, así mismo las velocidades y radios mínimos e giro empleando el conocimiento del Ingeniero Topógrafo Agrimensor.

La zona de estudio a realizarse es una vía rural de tránsito vehicular que une el Distrito de Torata con la ciudad de Moquegua en el cual es la carretera vecinal ruta MO-518, tramo Centro Poblado de los Ángeles - Centro Poblado Yacango de la Provincia de Mariscal Nieto - Región Moquegua.



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Pregunta general

¿El software VEHICLE TRACKING permite evaluar el diseño geométrico con fiabilidad y que de seguridad vial en la trayectoria de los vehículos que concurren la vía?

1.2.2 Preguntas específicas

¿De acuerdo al diseño establecido actualmente los vehículos transitaran de forma segura o existe puntos críticos?

¿El análisis con el software Vehicle Tracking que nos permite evaluar y con qué factores trabaja?

¿El diseño actual permite el buen desarrollo del vehículo y cumple con la norma DG-2018 y AASHTO-2011?

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Hipótesis general

Existe diferencia significativa al evaluar el diseño geométrico de la vía cuando se hace el modelamiento y simulación en el software VEHICLE TRACKING al aplicar distintos vehículos.

1.3.2 Hipótesis específicas

Los puntos críticos tienen una seguridad vial para el transito adecuado de vehículos camión (C-2), ómnibus (B-3) y semi-trailer (T3S1)

El análisis de la simulación da sobrecargas mayores para cada vehículo existe factores de seguridad vial para estos vehículos.

La determinación de los nuevos parámetros calculados con las normativas DG-2018 y AASHTO-2011, existe diferencia con respecto al diseño actual.



1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la aplicabilidad del software Vehicle Tracking en diseño geométrico de la carretera MO-518 tramo los Angeles – Yacango.

1.4.2 Objetivos específicos

Establecer los puntos críticos de la vía para la seguridad vial mediante el software Vehicle Tracking.

Analizar la simulación del recorrido y visibilizar las condiciones de seguridad como el sobreechancho y radio de giro de vehículos.

Determinar los parámetros nuevos que nos indica la normativa DG-2018 y AASHTO-2011 y la diferencia con respecto a los parámetros actuales diseñados con la normativa DG-2014.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

¿Por qué se desea hacer esta investigación? Es para determinar si la vía es segura para el tránsito y si cumple el diseño geométrico adecuado. ¿Para qué se incurrirá a la investigación? Para dar la situación actual de la vía, y de la seguridad de su transpirabilidad. Dado que la carretera se encuentra en curvas de desarrollo máximo y curvas muy cerradas.

La prioridad de la siguiente investigación es conocer la seguridad vial mediante la utilidad del software Vehicle Tracking y hacer el diagnóstico del cumplimiento de las normas técnicas de construcción y en el diseño geométrico de la carretera MO-518 en el KM 7+000 al 9+000. Al utilizando el software VEHICLE TRACKING en la cual se hace una simulación de giros de los vehículos y se complementan con la animación implementada en el AutoCAD Civil 3D.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

(Moreno Borrás & Garzón Jaramillo, 2022) Para obtener el título de Ingeniero Topógrafo en la “Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá D.C. Colombia”, Titulado “Simulación en el software AutoCAD civil 3d – Vehicle Tracking, Análisis comparativo de sobreancho en curva para vehículo regido bus 14 – interurbano con manuales AASHTO 2011 e INVIAS 2008”. En su investigación nos indica que los criterios en tener en cuenta en diseño de un tramo en las cuales se encuentra la velocidad de diseño, tipo de terreno dimensionamiento de carril, peralte máximo, entre otros. Cada uno de estos parámetros nos indica un parámetro, proporcionan directrices para establecer parámetros de seguridad y comodidad para los usuarios. Y con esa finalidad determino el sobreancho que se calcula actualmente con en ENVIAS y AASHTO y estas son ajustadas para un vehículo de diseño bus-14 en el procederá a emplear el software AutoCAD civil 3d y su herramienta VEHICLE TRACKING que permite realizar una serie de simulaciones de la trayectoria de un giro para las velocidades comprendidas.

(Raoul, 2009) En su investigación de “evaluación de la seguridad vial a partir de la consistencia del trazado de la carretera Santa Clara. Presenta que su tesis con un objetivo de proponer vías de solución para la solucionar problemas de los carriles de Cuba, a partir del análisis de las características geométricas de la carretera. Realizó una revisión bibliográfica para evaluar el nivel de conocimiento actual sobre las características geométricas de diseño que afectan la seguridad vial, los enfoques adoptados para evaluarlas en otras naciones y las leyes y normas vigentes en Cuba. Sobre la base de la documentación ya existente de: planta, perfil, secciones transversales y



control de accesos, se elabora respecto a una sugerencia metodológica que se implementó en el tramo de una carretera declarada como tramo de concentración de accidentes en la provincia de Villa Clara. Finalmente, se realizó un análisis de la seguridad vial a partir de componentes geométricos coherentes con la accidentalidad en las zonas objeto de estudio.

(Sani Allauca, 2020) en la tesis: “Diseño geométrico de la alternativa vial Shuyo – Pinllopata en el tramo KM 8+000 al 12+000 perteneciente a los cantones Pujili y Pangua de la provincia de Cotopaxi – Ecuador”; En este artículo se describen los pasos técnicos necesarios para crear una propuesta geométrica adecuada para una carretera en una región montañosa. En el documento se describe paso a paso la metodología a utilizar, las normas que se han tenido en cuenta y las distintas variaciones y consideraciones que deben tenerse en cuenta para llevar a cabo un proceso de prefactibilidad en el que se realicen estudios de trazado de carreteras con estudios de tráfico, diseños de carreteras con planta y perfil, y todo ello con respecto a las carreteras.

(Breña Silvera, 2015) Para obtener el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, Titulado “Evaluación de giros de vehículos utilizados en el software Vehicle Tracking sobre AutoCAD Civil 3D” en su investigación nos indica que tuvo por finalidad verificar las condiciones de seguridad en diseño de curvas horizontales de la vía. Concluye que dependiendo del vehículo que se utiliza los radios mínimos son inadecuados así mismo aplico el Vehicle tracking para el análisis de rotondas y giros en calle cerradas nos recomienda que se debe usar el Vehicle tracking antes de la ejecución de una obra vial para no presentar radios de giro inadecuados para los vehículos.

Gómez & Quispe, (2017), en su evaluación de la “seguridad vial – nominal de carretera Enaco – Abra Ccorao de acuerdo a la consistencia del diseño geométrico”. Nos informa que, debido a su variada topografía, Perú tiene una mayoría de carreteras de



primera clase, segunda clase y tercera clase, con una carretera de dos carriles con un ancho mínimo de 3,60 metros, 3,30 metros y 3,00 metros. El distrito de San Sebastián de la región Cusco sirvió como sitio de este estudio. Las características geométricas de la carretera, incluyendo sus curvas horizontales, tangentes, pendientes, curvas verticales, distancia de visibilidad, sobreeanchos y peraltes máximos, se obtuvieron en detalle a partir de un conteo vehicular, levantamiento topográfico y procesamiento de datos que se realizaron previamente para lograr los objetivos de la investigación. Se concluyó que los rasgos geométricos irregulares o puntos de peligro, que representan el 41.66% de la longitud de la carretera (seguridad nominal), no se apegan a las normas establecidas en el manual de diseño geométrico vial de la DG-2014 del Perú. Para lograr el nivel adecuado de seguridad vial, se aconseja utilizar herramientas como la evaluación de consistencia que permiten analizar la geometría antes de su ejecución por parte de los diseñadores viales.

Alvarado & Martínez, (2017), en su propuesta para “la actualización del diseño geométrico de la carretera chancos – vicos – wiash según criterios de seguridad y economía”. Este investigador menciona que, según la SINAC existe un ochenta y cinco por ciento de las vías no pavimentadas, que en su mayoría presentan deficiencias geométricas. Propone un nuevo diseño basado en el manual DG 2014 que ofrece las alineaciones y dimensiones necesarias para preservar la seguridad e integridad de los usuarios dentro de los parámetros de viabilidad económica como remedio a las variaciones geométricas de la carretera. La idea llevó a mejorar el diseño geométrico con las siguientes características: radios mínimos de 25 m, pendientes máximas del 8,00%, calzadas de 6,00 m de ancho y velocidades de diseño que oscilan entre 40 y 30 km/h en función de las partes desarrolladas. La correcta circulación de vehículos de 3 ejes en ambos carriles se confirmó con el uso de un software de seguimiento de vehículos.



También se añadió señalización vertical para reducir peligros y percances. El estudio económico reporta un VANS de 3.284.192,43, una TIR del 18% y un ahorro social de 2.223.821,20 soles.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Clasificación de carretera

La normativa peruana DG-2018 establece en su compendio de diseños vial que estamos bajo la jurisdicción de una serie de documentos normativos de uso vigente que nos regimos en el Perú, el mismo documento que facilita la aplicación de métodos y procedimientos para diseño de la infraestructura vial, con estándares relacionado de acuerdo a la clasificación de vías conjuntamente con a la normativa AASHTO-2011. (MTC, 2018).

Clasificación de acuerdo a la demanda:

Tabla 1

Clasificación de vías en el Perú.

IMDA	TIPO DE VIA	N° DE CARRIL	TIPO DE RODADURA	IMPORTANTES
\geq a 6001 veh/día.	Autopista de primera clase	2 a más carriles de 3.60 m.	pavimentada	Separado mínimo 6.00 m.
6000 a 4001 veh/día.	Autopista de segunda clase	2 a más carriles de 3.60 m.	pavimentada	Separado de 1.00 a 6.00 m.
4000 a 2001 veh/día.	Carretera de primera clase	Una calzada de 2 carriles de 3.60 m.	pavimentada	Cruces vehiculares, puente peatonal, dispositivos viales.
2000 a 401 veh/día.	Carretera de segunda clase	Una calzada de 2 carriles de 3.30 m.	pavimentada	Cruces vehiculares, puentes peatonales, dispositivos viales.
\leq a 400 veh/día.	Carretera de tercera clase	Con calzada de 2 carriles de 3.00 m.	Asfalto o micro pavimento	Condición geométrica de segunda clase.
\leq a 200 veh/día.	Trocha carrozable	Con una calzada de 4.00 m.	Afirmado o sin afirmar.	Plazoletas de cruce cada 500 m.

Nota: El (MTC, 2018). Describe en su manual de diseño geométrico DG-2018 que se tiene la clasificación de carreteras con estas disipaciones.

2.2.2 Clasificación por condición orográfica

De acuerdo al MTC en su guía para carreteras DG-2018 tiene los siguientes componentes orográficos que se suscriben de la siguiente forma.

Tabla 2

Clasificación orográfica.

TIPO / OROGRAFÍA	PENDIENTE TRANSVERSAL	PENDIENTE LONG.	TRAZO	MOVIMIENTO DE TIERRA
Tipo (1) Terreno plano	≤ a 10%	3%	Sin dificultad	Mínimo
Tipo (2) Terreno ondulado	11% a 50%	3% a 6%	Radios amplios	Moderado
Tipo (3) Terreno accidentado	51% a 100%	6% a 8%	Dificultad	Importante
Tipo (4) Terreno escarpado	≥ a 100%	≥ a 8%	Dificultad	Máximo

Nota: El (MTC, 2018). Describe en su manual de diseño geométrico DG-2018 que se tiene la clasificación de orográfica con estas disipaciones.

2.2.3 Vehículo de diseño

Los congénitos dispuestas para dar concordancia de un diseño vial se tiene distintos tipos de vehículos que se prescribe con diversas medidas y pesos, por ello es necesario conocer el tipo de movilidad mecánica que transitan en los accesos nacionales, departamentales y locales. contenidas en el reglamento nacional de vehículos, vigentes (MTC, 2018).

Al elegir el tipo de vehículo para el trazo, se tiene que tener en cuenta el tráfico que se repliega en la vía donde se encuentra con vehículos pesados ligeros entre otros que son de uso comercial vehículos rígidos (camión y buses) así mismos vehículos articulados de carga. (MTC, 2018).

Conforme al “reglamento nacional de vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos de categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas). Considerará vehículos pesados, los a las categorías M (vehículos de cuatro ruedas diseñadas para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos de cuatro ruedas o más, diseñados y contruidos para el transporte de mercancía), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O)”. (MTC, 2018).

Tabla 3

Datos de vehículos de tipo M.

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación de ejes	Vuelo trasero	R. min. Rueda externa
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 /1.90 /4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 /12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 /0.80 /2.15 /7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 /6.80 /1.40 /6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 /5.70 /1.40 /2.15 /5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 /11.90	2.00	1.00

Nota: Según el Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente), los datos básicos de los vehículos tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras.

2.2.4 Giro mínimo de vehículos

El espacio mínimo requerido para vehículo en su giro de 180° es de suma importancia dado que en su trayectoria exterior e interior se debe considerar los espacios libres para la sección en el cual recurrirá el vehículo, la trayectoria que de su radio de giro



mínimo permite que un vehículo así sea articulado como rígido tenga la facilidad de hacer su trazo de giro requerido.

Tabla 4

Radios mínimos para ómnibus B3.

Angulo trayectoria	R Max. Exterior vehículo (E)	R min. Interior Rueda (J)	Angulo máximo dirección
30°	14.66 m	10.80 m	19.1°
60°	14.95 m	9.67 m	27.2°
90°	15.07 m	9.20 m	30.7°
120°	15.12 m	9.00 m	32.2°
150°	15.14 m	8.91 m	32.9°
180°	15.15 m	8.87 m	33.2°

Nota: extraído desde el manual de carreteras (MTC, 2018). Para el radio de giro mínimo.

Tabla 5

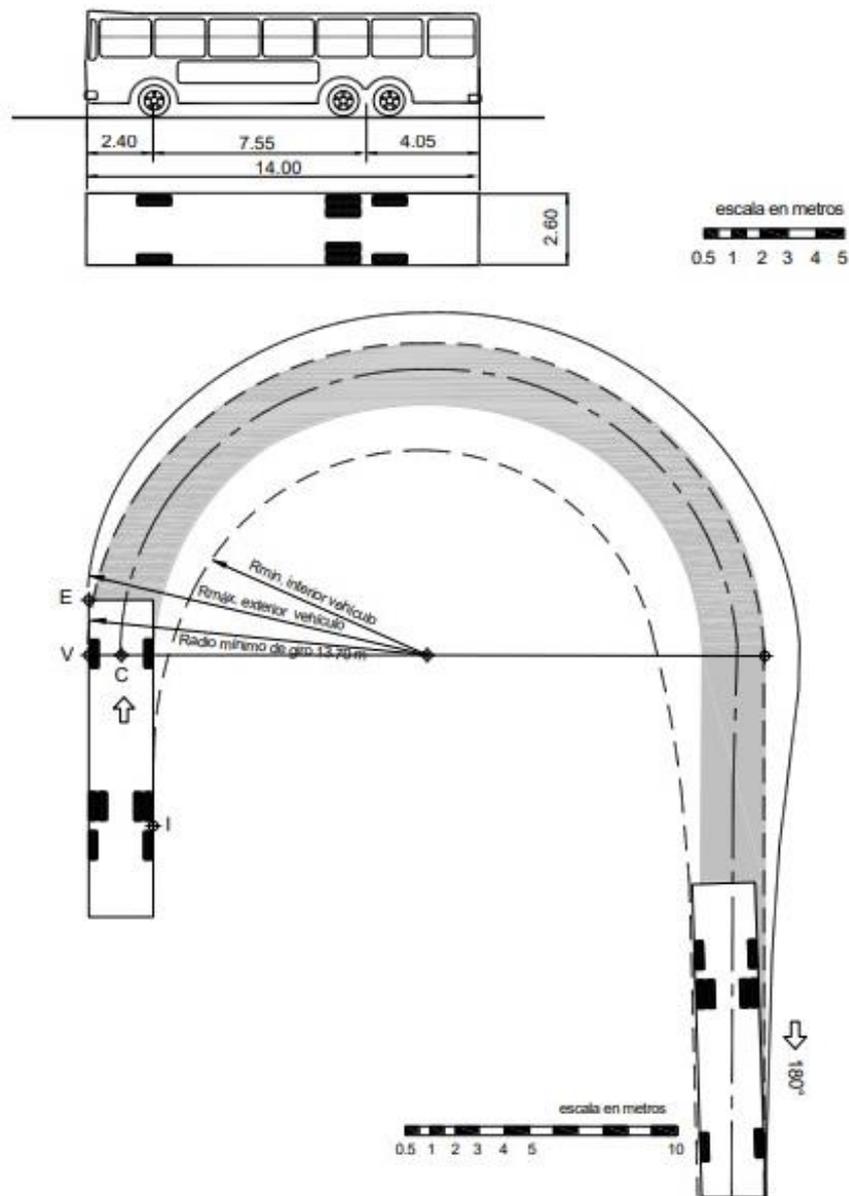
Radio mínimos de semirremolque o semi-trailer T2S1.

Angulo trayectoria	R Max. Exterior vehículo (E)	R min. Interior Rueda (J)	Angulo máximo dirección	Angulo máximo articulación
30°	14.08 m	8.73 m	15.1°	15.1°
60°	14.20 m	6.87 m	29.23°	29.23°
90°	14.24 m	5.41 m	25.0°	41.1°
120°	14.26 m	4.19 m	25.7°	50.8°
150°	14.26 m	3.14 m	25.9°	58.5°
180°	14.27 m	2.22 m	25.9°	65.4°

Nota: extraído desde el manual de carreteras (MTC, 2018). Para el radio de giro mínimo.

Figura 1

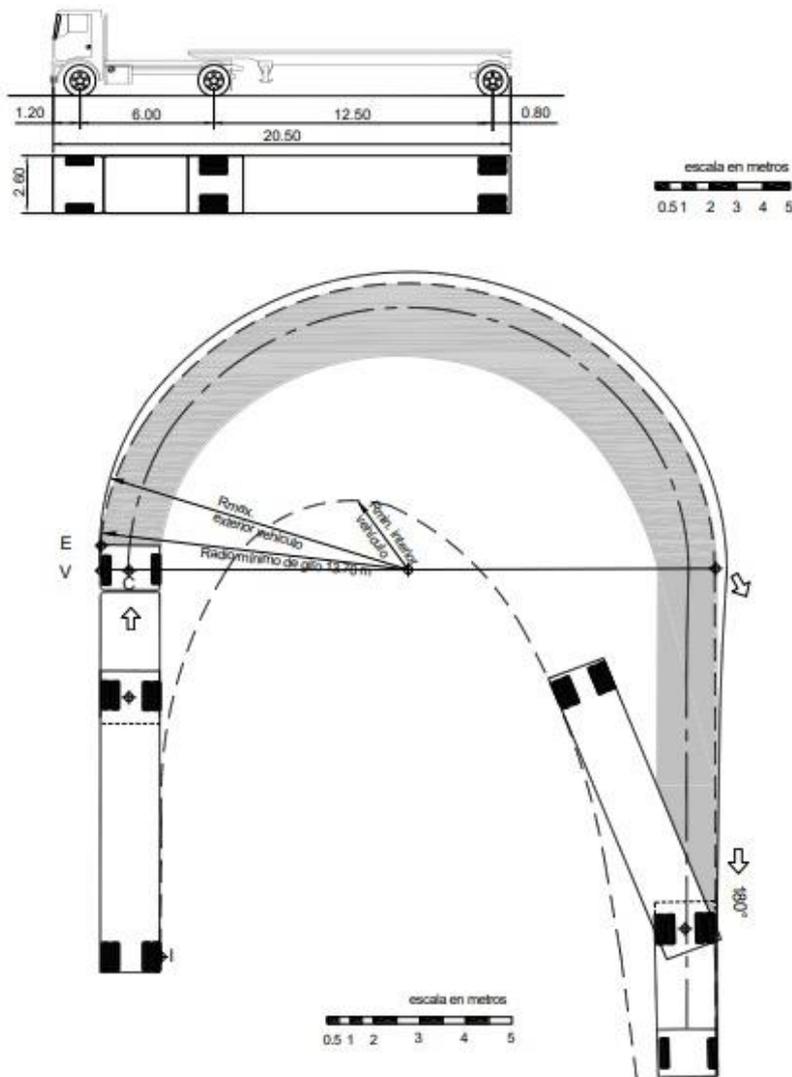
Giro mínimo para ómnibus B3 trayectoria 180°.



Nota: es la simulación de trayectoria de giro con un radio mínimo de vehículo de diseño ómnibus B3 que nos brinda el manual de carreteras del MTC.

Figura 2

Giro mínimo para semi-trailer T2S1 trayectoria 180°.



Nota: es la simulación de trayectoria de giro con un radio mínimo de vehículo de diseño semi-trailer T2S1 que nos brinda “el manual de carreteras” (MTC, 2018).

2.2.5 Índice medio diario anual (IMDA)

Es el cálculo realizado aritméticamente del volumen diario de los días del año, el conocimiento que nos informa y nos permite considerar los cálculos de factibilidad monetaria de una vía.



El IMDA específicamente nos proporciona la información requerida para un diseño vial, clasificación, y desarrollar la mejora de una vía, los valores del vehículo/día son información para el análisis de seguridad y servicio del transporte de carretera.

Para alcanzar y recopilar información de las normas “internacionales, primero se obtuvo el manual del AASHTO” para poder comprobar los diseños de tránsito y las clasificaciones en general.

Según (AASHTO, 2011) “un camino de volumen de tránsito será por que presenta un IMDA de 400 veh/día o menor. Por ello se hizo la investigación de todos los parámetros que nos sirven para hacer el diseño geométrico de la vía” (MTC, 2018).

2.2.6 Velocidad de diseño

La velocidad preferida para el diseño se entiende que debe ser de acuerdo a la orografía y el IMDA de la vía, en donde la velocidad máxima tiene que ser segura y debe mantener la seguridad y comodidad de un vehículo sobre la sección de vía (MTC, 2018). Es vital localizar a lo largo de la ruta tramos homogéneos además de las circunstancias topográficas para proporcionar la misma velocidad con el fin de garantizar la estabilidad de la velocidad. Tenga en cuenta también las siguientes normas:

- a. La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño, debe ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 KM/H) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 KM/H).
- b. La diferencia de la velocidad de diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20km/h).(MTC, 2018).

Tabla 6

Rangos de velocidad en función de clasificación y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VIR (Km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano						X	X	X	X	X	X
	Ondulado						X	X	X	X	X	X
	Accidentado					X	X	X	X	X	X	X
	Escarpado					X	X	X	X	X	X	X
Autopista de segunda clase	Plano				X	X	X	X	X	X	X	X
	Ondulado				X	X	X	X	X	X	X	X
	Accidentado				X	X	X	X	X	X	X	X
	Escarpado				X	X	X	X	X	X	X	X
Carretera de primera clase	Plano				X	X	X	X	X	X	X	X
	Ondulado				X	X	X	X	X	X	X	X
	Accidentado			X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Escarpado			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Carretera de segunda clase	Plano				X	X	X	X	X	X	X	X
	Ondulado				X	X	X	X	X	X	X	X
	Accidentado			X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Escarpado			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Carretera de tercera clase	Plano				X	X	X	X	X	X	X	X
	Ondulado				X	X	X	X	X	X	X	X
	Accidentado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Escarpado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Nota: El Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018. Refiere que “los rangos de velocidad de diseño están en función a la clasificación de carretera por demanda y orografía”.

La tabla 7 nos da una visión de la clasificación de parámetros de valor mínimo de 20 km/h. Saber cómo se utiliza la carretera es útil, y se establece una velocidad mínima basada en los parámetros necesarios (AASHTO, 2011).

Tabla 7

Velocidad de diseño mínimo para caminos.

Tipo de terreno	Velocidad de diseño (km/h) para el volumen de tráfico específicamente (veh/día)					
	≤ 50	50 – 250	250 – 400	400 – 1500	1500 – 2000	≥ 2000
Llano	50	50	60	80	80	80
Ondulado	30	50	50	60	60	60
Montañoso	30	30	30	50	50	50

Nota: Extraído desde. Guidelines for geometric desing of very low-volume local roads.

AASHTO-2011.

2.2.7 Distancia de visibilidad

Permite al conductor del vehículo ejecutar con seguridad las maniobras que se le propongan o que decida realizar, proporcionándole la longitud continua hacia delante del trayecto que le sea visible. En los proyectos se tienen en cuenta tres distancias de visibilidad. (MTC, 2018).

Tabla 8

Distancia de visibilidad de parada con pendiente.

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente de subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	18	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

Nota: distancia de visibilidad de parada en pendientes (metros). Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018. (MTC, 2018)

Tabla 9

Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento.

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO, D_a (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO, Da (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

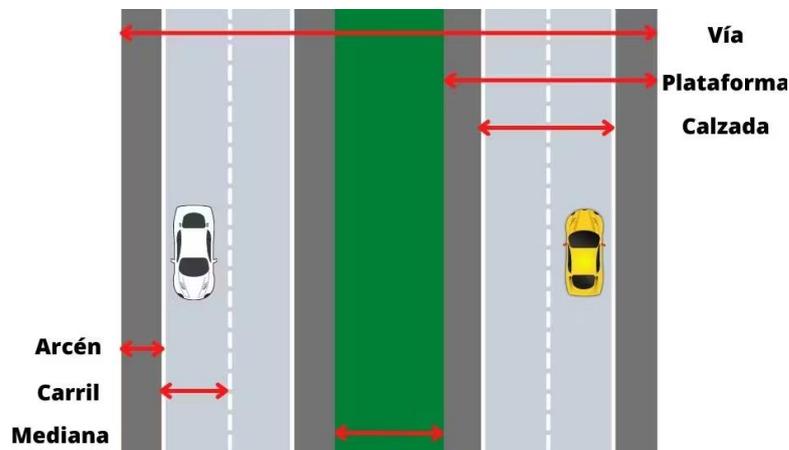
Nota: * Distancia mínima de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles, en dos sentidos extraído del Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018. (MTC, 2018)

2.2.8 Calzadas

Es la parte de la vía designada para el uso de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles por el cual transitan vehículos.

Figura 3

Calzada de una vía.



Nota: la vía, utilización de vías. https://images.prismic.io/obikares/263034c1-7b19-4b46-860f-d74217f745ee_partes-via.jpg?auto=compress,format

Ancho del carril: “Va a depender el tipo de vía que se obtenga para que se pueda obtener el ancho del carril y el ancho de berma”.

La tabla 10 que nos muestra “el ancho de carril según la norma AASHTO”.



Tabla 10

Ancho total de carril (en metros)

ANCHO TOTAL DEL CARRIL PARA CLASIFICACIÓN FUNCIONAL						
Velocidad de diseño (km/h)	Acceso mayor	Acceso menor	Recreacional	Industrial comercial	Recuper. recursos	Acceso agrícola
20	-	5.4	5.4	6	6	6.6
30	-	5.4	5.4	6	6	7.2
40	5.4	5.4	5.4	6.4	6.4	7.2
50	5.4	5.4	5.4	6.8	6.8	7.2
60	5.4	5.4	5.4	6.8	6.8	7.2
70	6	6	5.4	7	-	8
80	6.6	6	6	7.4	-	-
90	6.6	-	6	-	-	-
100	6.6	-	6.6	-	-	-

Nota: Extraído desde “Guidelines for geometric desing of very low-volume local roads”

AASHTO-2011.

Según el (MTC, 2018) Calzada se compone con siguientes datos: clasificación de la carretera según su función, de acuerdo a la demanda, la orografía y la velocidad de diseño para dirigirnos a la tabla.

Tabla 11

Anchos mínimos de calzada en tangente.

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera											
	≥ 6,000				4,000–2,001				2,000–400				≤ 400							
Tipo	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
30 km/h																				
40 km/h																				
50 km/h																				
60 km/h																				
70 km/h																				
80 km/h																				
90 km/h																				
100 km/h																				
110 km/h																				
120 km/h																				
130 km/h																				

Nota: Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018.

Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4). En carreteras de tercera clase, excepcionalmente podrá utilizarse calzadas de hasta 500 m, con el correspondiente sustento técnico y económico.



2.2.9 Curvas

Curvas circulares

Según el (MTC, 2018) Curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencias de un solo radios “que unen dos tangentes consecutivas, conformando la trayectoria horizontal de las curvas reales o especiales”.

Elementos de la curva circular

Los elementos de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

R = longitud de radio de la curva (m)

P.C. = punto de inicio de la curva

E = distancia a externa (m)

P.I. = punto de intersección de 2 alineaciones consecutivas

L.C. = longitud de la cuerda (m)

L = longitud de la curva (m)

P.T. = punto de tangencia

M = distancia de la ordenada media (m)

Δ = Angulo de deflexión ($^{\circ}$)

T = longitud de la subtangente (PC a PI y PI a PT) (m)

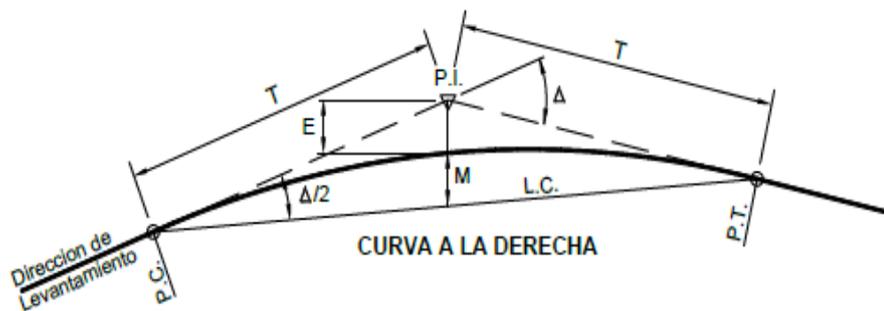
P = puede ser definido como el peralte, que representa el grado máximo de inclinación transversal de la calzada y está relacionado con el diseño de la curva, expresado en porcentaje (%).

Sa = se refiere al sobreebanco, el cual puede ser necesario en las curvas para compensar el incremento de espacio lateral que experimentan los vehículos al recorrer la curva. El sobreebanco se mide en metros (m).

NOTA: las medidas angulares se expresan en grados sexagesimales.

Figura 4

Simbología de la curva circular.



Nota: descripción de una curva con sus simbologías. “Manual de carreteras” Diseño Geométrico DG-2018.

Curvas de transición

Según (MTC, 2018) Las curvas de transición, que son espirales que evitan discontinuidades en la curvatura de la línea, deben diseñarse cumpliendo las mismas normas de seguridad, comodidad y belleza que los demás elementos del trazado.

La **ecuación de la clotoide** (Euler) está dada por:

$$R L = A^2$$

Donde:

En el punto de origen, cuando $L=0$, $R=\infty$, y a su vez, cuando $L=\infty$, $R=0$

A: parámetro de clotoide, característico de la misma

R: radio de curvatura en un punto cualquiera

L: longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R=\infty$) y el punto de radio R

por otro lado: Radianes (rad) = $L^2/2A^2 = 0.5L/R$

Grado centesimal (g) = $31.831 L/R$

1rad = 63.662

Parámetro de la clotoide está dado por:

$$A_{min} = \sqrt{\frac{VR}{46656J} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27p \right)}$$

Donde:

V: “velocidad de diseño (km/h)”

R: “radio de curvatura (m)”

J: “variación uniforme de la aceleración (m/s³)”

P: “peralte correspondiente a V y R (%)”

Tabla 12

Variaciones de la aceleración transversal por unidad de tiempo.

V (km/h)	V ≤ 80	80 ≤ V ≤ 100	100 ≤ V ≤ 120	V ≥ 120
J (m/s ³)	0.5	0.4	0.4	0.4
J _{max} (m/s ³)	0.7	0.8	0.5	0.4

Nota: “Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018”. *Solo se utilizarán los valores de J_{max} en casos debidamente justificados.

Tabla 13

Radios circulares limites que permiten prescindir de la curva de transición.

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

Nota: Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018. *Los radios calculados, aceptado un J_{max} de 0.4 m/s³ y considerando el punto inicial de la curva circular se habrá desarrollado solo el 70% del peralte.

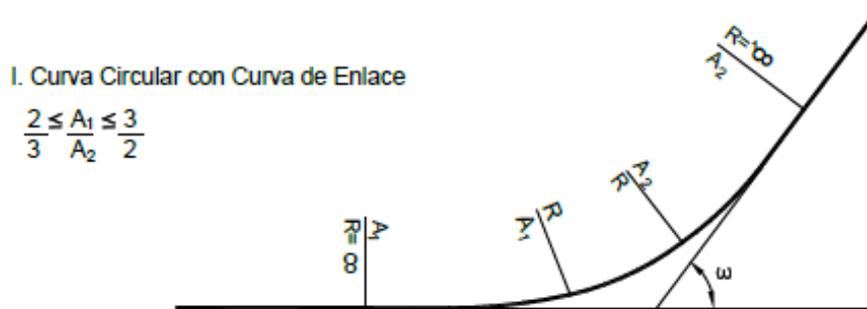
Curva circular con curva de transición.

Los parámetros "A1 y A2" deben ser lo más similares posible y no exceder el rango indicado en la ilustración 7. Si la recta asociada es más larga y la calzada es más

ancha, el parámetro debe ser mayor, pero siempre debe cumplirse la condición $A \leq t1 + t2$. No se propone una transición entre las clotoides correspondientes y el radio circular seleccionado. En estos casos, se trata de una deflexión moderada hacia un radio amplio en relación con la velocidad de diseño, y generalmente no se requiere una curva de transición. Sin embargo, si se desea mantener la deflexión, será necesario aumentar el radio.

Figura 5

Curva circular con curva de transición.



Nota: Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018.

Curva de inflexión o curva en “s”

Podrá no hallarse un tramo en tangente entre las clotoides de parámetro A_1 y A_2 , los cuales deberán cumplir con las pautas generales respecto de la velocidad de diseño y radio enlazado, pudiendo ser iguales o del mismo orden de magnitud, respetando la relación indicada en la figura 8. A falta de espacio o dificultad para conseguir una tangente exacta en el punto de radio infinito, se puede aceptar una leve magnitud de traslape de las clotoides, o la generación de un tramo en tangente de ajuste.

La longitud de traslape o ajuste no deberá superar:

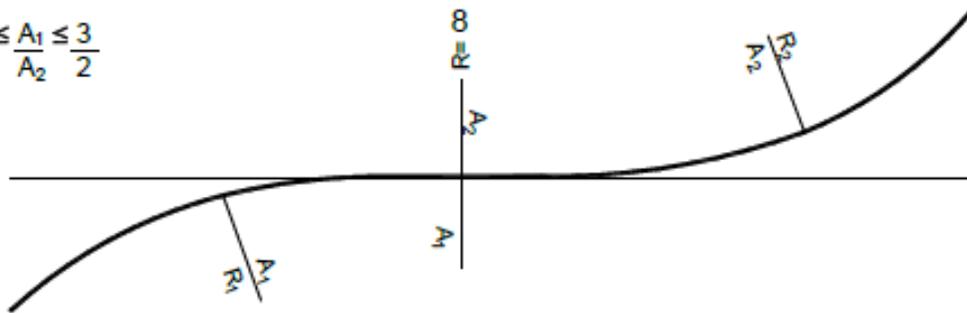
$$\Delta L_{(m)} = 0.05 \frac{A_1 + A_2}{2}$$

Figura 6

Curva de inflexión.

II. Curva de Inflexion o Curva en S

$$\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$$



Nota: Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018.

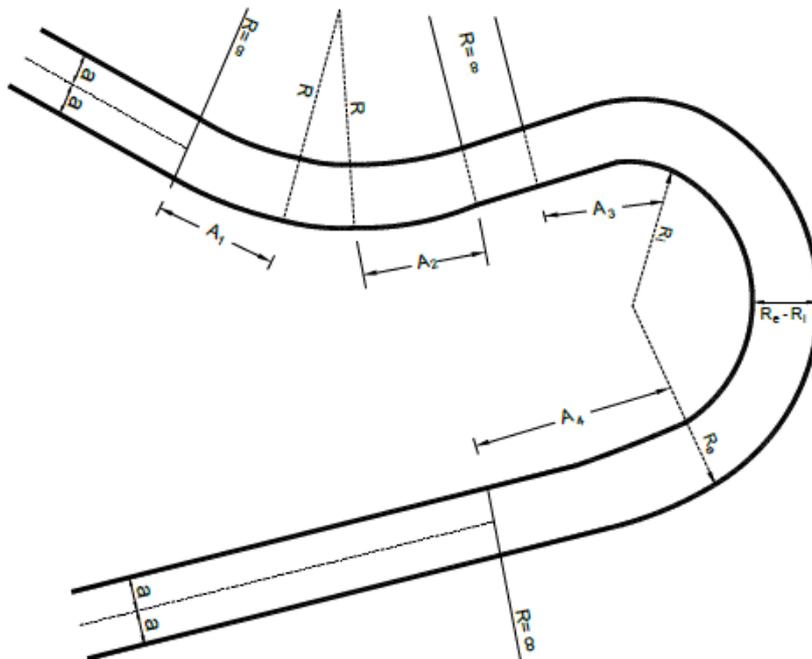
Curvas de vuelta

Según (MTC, 2018). Las curvas de vuelta son curvas trazadas en terrenos accidentados que se diseñan con el objetivo de alcanzar una altura mayor sin superar las pendientes máximas, cuando no es posible lograrlo mediante trazados simples alternativos. Estas curvas se proyectan sobre un talud para superar la topografía irregular del terreno.

En las carreteras de primer orden, este tipo de curvas puede utilizarse en raras circunstancias que sean técnica y económicamente justificables y soporten el radio interior mínimo de 20 m. Esta forma de curva no se utiliza en las autopistas. La figura 7 nos ayuda a visualizar un ejemplo.

Figura 7

Curva de vuelta.



Nota: Curvas de vuelta extraído desde el. Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018.

La tabla 10 computa los valores posibles para R_i Y R_e según las manipulaciones de los vehículos, tipos que se indican a continuación:

T2S2 = un camión semirremolque puede hacer su trazo de la curva de retorno. El resto del tránsito espera en la alineación recta del mismo vehículo.

C2 = un camión de dos ejes pueden trazarse la curva simultáneamente con un vehículo ligero (automóvil o similar).

C2 + C2 = dos camiones de dos ejes pueden trazarse la curva simultáneamente sin que se tenga que confrontar en ningún punto.

Tabla 14*Radio exterior mínimo y radio mínimo interior adoptado.*

Radio interior Ri (m)	Radio exterior mínimo Re (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6.0	14.00	15.75	17.50
7.0	14.50	16.50	18.25
8.0	15.25	17.25	19.00
10.0	16.73*	18.75	20.50
12.0	18.25*	20.50	22.25
15.0	21.00*	23.25	24.75
20.0	26.00*	28.00	29.25

Nota: Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018. *El radio interior de 8 m, representa un mínimo normal. *El radio interior de 6 m, representa un mínimo absoluto y solo podrá ser usado en forma excepcional.

2.2.10 Radios mínimos

(MTC, 2018) Define que “los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden andar con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones acéptales de seguridad y comodidad”, para cuyo conjetura puede manejarse la siguientes formula

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(P_{max} + f_{max})}$$

Donde:

Rm: “radio mínimo”

V: “velocidad de diseño”

Pmax: “peralte máximo asociado a V (en tanto por uno)”.

f max: “coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V”.

Tabla 15

Radio mínimo y peralte máximo para diseño de carreteras.

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p Max. (%)	f Max.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.1	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	871
	130	4.00	0.08	1,108.9	1,110
Área rural (con peligro de hielo)	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
	130	6.00	0.08	950.5	950
Área rural (plano u ondulado)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
	130	8.00	0.08	831.7	835
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	155.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
	130	12.00	0.08	665.4	665

Nota: Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018. *En trazo de vías en un tramo homogéneo se tiene que aplicar la relación de peralte, radio y velocidad específica.



Coordinación entre curvas circulares

En todas las vías, cuando exista una conexión de curvas circulares consecutivas sin una tangente intermedia, o a través de una tangente con longitud igual o inferior a 200 m, la relación entre los radios de las curvas circulares no excederá los valores obtenidos. Ver tablas 12 y 13.

Tabla 16

Relación entre radios consecutivos – grupo 1.

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio entrada	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
250	375	250	820	≥1720	495
260	390	250	840	≥1720	503
270	405	250	880	≥1720	510
280	420	250	880	≥1720	517
290	435	250	900	≥1720	524
300	450	250	920	≥1720	531
310	466	250	940	≥1720	537
320	481	250	960	≥1720	544
330	497	250	980	≥1720	550
340	513	250	1000	≥1720	558
350	529	250	1020	≥1720	561
360	545	250	1040	≥1720	567
370	562	250	1060	≥1720	572
380	579	253	1080	≥1720	578
390	596	260	1100	≥1720	583
400	614	267	1120	≥1720	588
410	633	273	1140	≥1720	593
420	652	280	1160	≥1720	598
430	671	287	1180	≥1720	602
440	692	293	1200	≥1720	607
450	713	300	1220	≥1720	611
460	735	306	1240	≥1720	616
470	758	313	1260	≥1720	620
480	781	319	1280	≥1720	624
490	806	326	1300	≥1720	628
500	832	332	1320	≥1720	632
510	859	338	1340	≥1720	636
520	887	345	1360	≥1720	640
530	917	351	1380	≥1720	644
540	948	357	1400	≥1720	648
550	981	363	1420	≥1720	651
560	1015	369	1440	≥1720	655
570	1051	375	1460	≥1720	659
580	1089	381	1480	≥1720	662
590	1128	386	1500	≥1720	666
600	1170	392	1520	≥1720	669
610	1214	398	1540	≥1720	672
620	1260	403	1560	≥1720	676
640	1359	414	1580	≥1720	679
660	1468	424	1600	≥1720	682



Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio entrada	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
680	1588	434	1620	≥1720	685
700	1720	444	1640	≥1720	688
720	≥1720	453	1660	≥1720	691
740	≥1720	462	1680	≥1720	694
760	≥1720	471	1700	≥1720	697
780	≥1720	479	1720	≥1720	700
800	≥1720	488		≥1720	

Nota: extraído desde el Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018.

Tabla 17

Relación entre radios consecutivos – grupo 2.

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio entrada	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
40	60	50	360	≥670	212
50	75	50	370	≥670	216
60	90	50	380	≥670	220
70	105	50	390	≥670	223
80	120	53	400	≥670	227
90	135	60	410	≥670	231
100	151	67	420	≥670	234
110	166	73	430	≥670	238
120	182	80	440	≥670	241
130	198	87	450	≥670	244
140	215	93	460	≥670	247
150	232	100	470	≥670	250
160	250	106	480	≥670	253
170	269	112	490	≥670	256
180	289	119	500	≥670	259
190	309	125	510	≥670	262
200	332	131	520	≥670	265
210	355	137	530	≥670	267
220	381	143	540	≥670	270
230	408	149	550	≥670	273
240	437	154	560	≥670	375
250	469	160	570	≥670	278
260	503	165	580	≥670	280
270	540	171	590	≥670	282
280	580	176	600	≥670	285
290	623	181	610	≥670	287
300	670	185	620	≥670	289
310	≥670	190	640	≥670	294
320	≥670	195	660	≥670	298
330	≥670	199	680	≥670	302
340	≥670	104	700	≥670	306
350	≥670	208		≥670	

Nota: extraído desde el “Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018”.

La tabla 18 que fue extraído del (AASHTO, 2011) Proporciona un valor de radio mínimo para carreteras con poco volumen de tráfico basado en el peralte y la velocidad de diseño.

Tabla 18

Radios mínimos.

Velocidad de diseño (km/h)	Velocidad diseño reducida (km/h)	Factor de diseño de fricción lateral máxima	Radio mínimo (m), Rmin				
			Super elevación máxima (%), e máx.				
			4	6	8	10	12
20	20	0.18	15	15	10	10	10
30	25	0.17	25	20	20	20	20
40	30	0.17	35	30	30	25	25
50	35	0.17	45	40	40	35	35
60	45	0.165	80	70	65	60	55
70	50	0.16	100	90	80	75	70
80	60	0.15	150	135	125	115	105
90	70	0.14	215	195	175	160	150
100	80	0.14	280	250	230	210	195

Nota: Extraído desde Guidelines for geometric desing of very low-volume local roads.

AASHTO-2011.

2.2.11 Peralte

Según (MTC, 2018). El peralte es el acrecentamiento mayor de la parte exterior de una curva en paralelo con el lado interno. Al considerar varios factores, como las condiciones climáticas, la topografía, las zonas (rurales y urbanas) y la frecuencia de vehículos pesados de baja velocidad, consultamos la TABLA 14 para obtener los valores máximos de peralte. Utilizando esta información, determinamos el gráfico adecuado que nos permitirá calcular el peralte requerido.

Tabla 19

Valores de peralte máximo.

Pueblo o ciudad	Peralte máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0 %	4.0 %
Zona rural (T. plano, Ondulado o Accidentado)	8.0 %	6.0 %

Pueblo o ciudad	Peralte máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0 %	8.0 %
Zona rural con peligro de hielo	8.0 %	6.0 %

Nota: obtenido desde el Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018.

Desarrollo del peralte en curvas circulares

Para el dato de inclinación de berma (%), según (MTC, 2018) “en el capítulo III en la sección 304 – sección transversal, subsección 304.04 bermas, nos fijamos en la tabla 15 inclinación de bermas” y escogemos según el tipo de superficie”.

Tabla 20

Inclinación de berma.

SUPERFICIE DE LAS BERMAS	INCLINACIONES TRANSVERSALES MÍNIMAS DE LAS BERMAS	
	INCLINACIÓN NORMAL (IN)	INCLINACIÓN ESPECIAL
Pav. o tratamiento	4 %	
Grava o afirmado	4 % - 6 % (1)	
Césped	8 %	0 % (2)

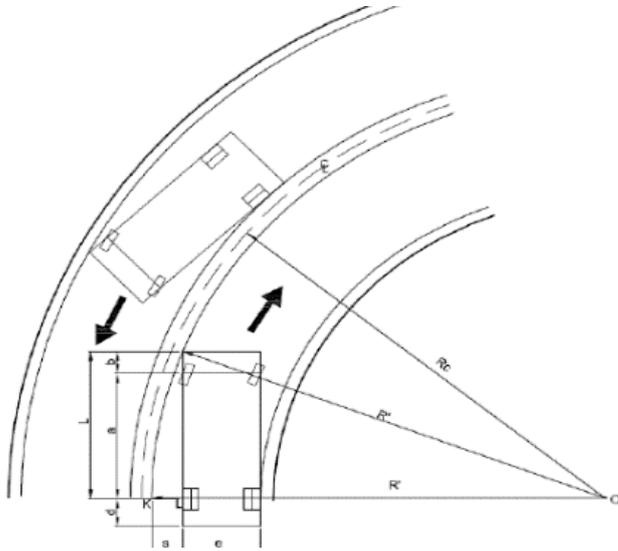
Nota: Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018. 1.- La elección de un valor dentro de este rango está determinada por la zona en la que se encuentre. A medida que aumenta la intensidad promedio de las precipitaciones, se deben utilizar valores de peralte cada vez mayores. Existe un caso especial en el que el peralte de la curva es igual al 8% y la berma se encuentra en el exterior.

2.2.12 Sobreancho

El ancho adicional de extensión de rodadura en los tramos curvos se refiere al espacio adicional que se agrega a la vía para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos al transitar por curvas. Este espacio adicional permite que los vehículos tengan suficiente espacio lateral para maniobrar de manera segura en las curvas.

Figura 8

Sobreechanco de las curvas.



Nota: Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018.

Cálculo del sobreechanco

Previamente calculada su registro de peralte, se necesita saber la siguiente:

$N = 2$ (número de carriles)

R = radio de curvatura

L = longitud del eje posterior a la parte frontal de un camión. Para este ejemplo se utilizará un camión tipo C2.

$$Sa = n \left(R - \sqrt{(R^E - L^2)} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Cálculo de la transición del sobreechanco

El sobreechanco en un punto, antes que llegue al sobreechanco máximo.

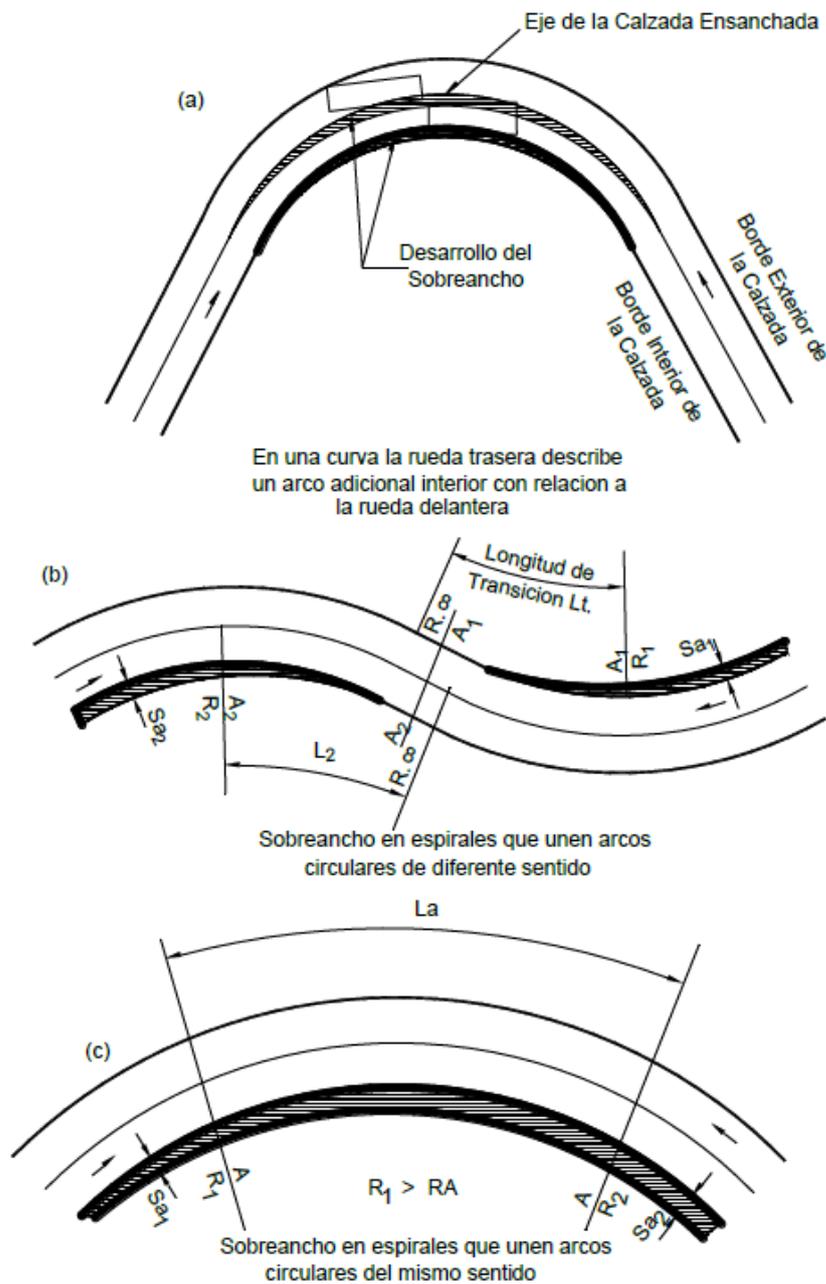
$$Sn = \frac{Sa}{Lt} \times Ln$$

Desarrollo de sobreebanco en curvas de transición

Según (MTC, 2018) La longitud estándar para construir el sobreebanco es de 40 metros. El inicio de la transición será 40 metros antes del inicio de la curva circular si la curva de transición es mayor o igual a 40 metros.

Figura 9

Distribución de sobreebanco en los sectores de transición y circular.



Nota: obtenido desde Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018.

2.2.13 Distancias

Distancias mínimas y máximas entre curvas

(MTC, 2018) Indica que “las longitudes mínimas admisibles y máximas requeridas de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño”, se indican:

Tabla 21

Longitudes de tramos en tangente.

V (km/h)	L mín. s (m)	L mín. o (m)	L máx. (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Nota: Datos extraídos desde el Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2018.

Los valores de sobreechanco son “determinadas como la cantidad de huellas de ruedas y por lo tanto la cantidad de ensanchamiento necesario en las curvas horizontales, depende mucho de la longitud y otras características de vehículos de diseño y del radio de curva” (AASHTO, 2011).

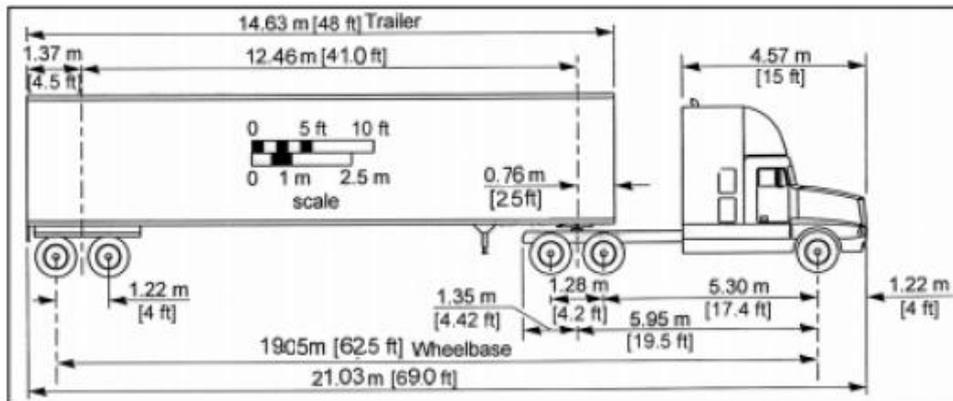
La elección de vehículos de diseño, “se basa en el tamaño y frecuencia de los distintos tipos de vehículos esperados con las curvas del camino en cuestión” (AASHTO, 2011).

“La cantidad de ensanchamiento necesaria aumenta con el tamaño de vehículo de diseño (para los vehículos de una sola unidad o vehículos con el mismo número de remolques o semirremolques) y reduce con el radio de la curva creciente” (AASHTO, 2011).

La AASHTO utiliza el vehículo de diseño WB-19, que es equivalente al 3S1/3S2 en Perú. Ambos vehículos tienen las mismas dimensiones, pero se clasifican de manera diferente según las normativas de cada país.

Figura 10

Dimensiones del vehículo WB-19 (AASHTO 2011).



Nota: Guidelines for geometric design of very low-volume local roads.

La semejanza “se encuentra en las dos variaciones para los fórmulas utilizadas, la primera será para el ancho ocupado por el vehículo cuando está trazando la trayectoria de la curva U”, en donde (AASHTO, 2011) describe la siguiente expresión:

$$U = u + R_c - \sqrt{R_c^2 - \sum L_2}$$

Donde:

U: ancho de vehículo de curva, en metros

R_c: radio de curvatura, en metros

L: “distancia entre ejes consecutivos del vehículo de diseño y los puntos de articulación. Siendo $\sum L_2$ la suma al cuadrado de cada una de las distancias entre ejes”.

C: “espacio lateral de seguridad que requiere cada vehículo, en metros”.



Para el sobreebanco de seguridad adicional, que sigue estando determinado por la curvatura de la velocidad particular de la curva horizontal VCH, las fórmulas proporcionan una segunda variación que se representa del siguiente modo.

$$Z = 0.1 * \frac{V}{\sqrt{R_C}}$$

VCH: “velocidad específica de la curva, en km/h”.

RC: “radio de curva, en metros”.

Para facilitar el procesamiento en el futuro, estos valores también se han rodeado a decímetros superiores.

Para la longitud de transición y desarrollo de sobreebanco (AASHTO, 2011) “determina que estos cambios en la anchura deben efectuarse sobre una distancia de 20 a 60 metros”.

2.2.14 Autodesk AutoCAD civil 3d

AutoCAD fue introducida en 1982, en su momento era un software que “podía ejecutarse en sistemas IBM XT con 540 kb de RAM y dos. Las primeras versiones eran simples herramientas para generar dibujos bidimensionales básicos, además, era muy lenta e incorporaban solo lo básico para desarrollar bocetos” (Ballet et al., 2009).

A pesar de limitaciones, AutoCAD tuvo éxito porque ofrecía una forma económica de ingresar al mundo de CAD. Mientras que otros programas CAD requerían una inversión económica considerable en un sistema de cómputo personal, cualquier persona podía utilizar AutoCAD como medio de comunicación de ideas, convirtiendo así a AutoCAD en una herramienta accesible. (Aguilera, 2010; Yáñez et al., 2019).



Dado que contiene infinidad de estilos CAD propios de las distintas naciones, AutoCAD CIVIL 3d es esencial para cumplir los criterios de los documentos de dibujo y diseño de obras civiles de cada uno de esos países. Además de agilizar las numerosas tareas asociadas al diseño y la ejecución de mejoras, también contiene configuraciones que hacen más prácticos los procedimientos BIM. “También permite facilitar tareas para que el flujo de trabajo adhiera velocidad y ofrece la posibilidad de valorar posibles escenarios. Por ejemplo, civil 3d permite analizar viabilidad y el impacto que puede tener las infraestructuras, permitir reducir el tiempo en la creación del dibujo y facilita la creación de informes al respecto. También optimiza los procesos de colaboración entre civil y estructural” (Ballet et al., 2009)

2.2.15 Vehicle Tracking

Para emplear el módulo de Vehicle Tracking de Civil3D, se trata de una herramienta desarrollada para la simulación de trayectorias de tráfico y comprobación de diseños viales de infraestructura viaria. Tiene a su disposición una programación que permite adaptar la conducción de un vehículo en condiciones reales teniendo en cuenta los parámetros de la velocidad, el radio de giro y el tipo de vehículo. Además, que permite la circulación en base a una superficie creada, por lo que se puede simular tanto en 2D como 3D, en modelos unificados que ya fueron generados (Piñero D., 2020).

Modelamiento del Software Vehicle Tracking

El “Autodesk Vehicle Tracking” es un componente interoperable con Civil 3D, que permite realizar trayectorias previsibles de los vehículos que concurrirán por la infraestructura de la carretera. Dispone con una biblioteca extensa de vehículos habituales de distintos países, incluyendo toda información geométrica y prestaciones (velocidad, radio de giro, diámetro de ruedas dimensión del vehículo, etc.). Las posibilidades que ofrece son muy amplias, y entre ellas, se puede destacar estos:

- Comprobar el uso correcto de las dimensiones de la faja de vía, analizando distintos vehículos y comprobar el giro respetando las condiciones de contorno.
- Analizar el paso de vehículo como articulados y rígidos bajo la vía en su paso.
- Comprobar el dimensionamiento del vehículo bajo la incorporación de entrada y salida de la vía bajo velocidades.
- Realizar una representación virtual tridimensional en la que diversos vehículos interactúan generando visibilidad dinámica del comportamiento en la infraestructura vial.

El módulo de Vehicle Tracking no se incluye en la descarga de Civil 3D, por lo que se tiene que descargar de forma adicional independiente. Hecho la descarga aparecerá como modulo en el mismo panel del Civil 3D.

Figura 11

Módulo Vehicle Tracking en Civil 3D 2022.



Nota: la descripción de la imagen es extraída desde el Civil 3D con la configuración de VEHICLE TRACKING.

Este software, “relacionado con el transporte, adjunta funciones de predicción de ruta y trayectoria de vehículos rígidos y articulados entre otros. Como parqueaderos y glorietas. Permite a los profesionales, diseñadores y planificadores modelar las trayectorias y evaluar los movimientos de los vehículos a emplear en diseños geométricos de vías”, a partir de las dimensiones que estos tengan (Vega & Gonzales 2020).

Figura 12

Autodest VEHICLE TRACKING.



Nota: Civil 3D aplicación de vehicle tracking.

Autodest VEHICLE TRACKING, un completo sistema de transporte de vehículos de extremo a extremo, ofrece una solución de análisis de trayectorias que permite a los ingenieros, diseñadores y planificadores de organizaciones gubernamentales y empresas consultoras de ingeniería que trabajan en el transporte de obras evaluar los movimientos previsibles de los vehículos. Esto permite predecir con precisión los movimientos de vehículos como coches, camiones, vehículos de servicio y aeronaves durante todo el proceso de diseño. (Vega & Gonzales. 2020)

El software “viene con una extensa biblioteca de vehículos que contiene definiciones y tipos de vehículos. Muchas veces, es difícil de visualizar una representación en 2d, por lo que se puede presentar su análisis de una manera más realista, creando una animación rápida e incluso experimentar los movimientos de los vehículos en 3d” (Amparo. 2015; Sánchez. 2020).

Figura 13

Biblioteca de vehículos de MTC DG-2001.

Modelo	Longitud (m)	Anchura (m)	Altura (m)
B2 - Omnibus de 2 Ejes	2.600	9.100	12.800
B3 - Omnibus de 3 Ejes	2.600	12.100	12.800
C2 - Camion Simple 2 Ejes	2.600	9.100	12.800
C2 - R2/3 - Remolque 2 E...	2.600	20.900	13.700
C3 - Camion Simple 3 Ejes...	2.600	12.100	12.800
C3 - R2/3/4 - Remolque 2...	2.600	20.900	13.700
T2S1/ 2 / 3 - Semire...	2.600	15.200	12.200
T3S1/ 2 / 3 - Semiremolq...	2.600	16.700	13.700
VL - Vehiculo Ligero	2.100	5.800	7.300

Nota: Civil 3d, vehicle tracking.

CONFIGURACIÓN

Figura 14

Configuración en el Vehicle Tracking.



Primero es necesario cambiar la configuración del módulo. El hecho de que esta herramienta cuente con un asistente de información muy completo que describe detalladamente las alternativas disponibles al entrar en el panel de configuración, que ofrece una serie de ventanas donde se asignan los siguientes atributos, es una de sus ventajas.

- Escala y unidad del dibujo sobre la cual aplicaremos en Vehicle Tracking. En este caso, la escala del dibujo es: 1 unidad de dibujo = 1 metro.
- Unidades de los parámetros que define los vehículos y que son:
 - Velocidad (km/h).



- Distancia (metros).
 - Unidades angulares (grados).
- Capas: el programa asigna unas capas a cada trazado de vehículos que generan de forma predefinida. Se recomienda mantener dicha opción por defecto, pero se ofrece la posibilidad de solicitar la asignación de nombre de la capa cada vez que se creen nuevos trazados.
 - Transiciones de giro: el programa se vincula al radio de giro con la velocidad de circulación, esto es, si un vehículo va mayor velocidad, el radio de giro aumentará, por lo que su capacidad para girar en curvas más cerradas se verá comprometida, lo que refleja correctamente a la realidad. Por ello se dejará esa opción por defecto. No obstante, si lo que se pretende es conocer si un vehículo es capaz de girar en una curva independiente de la velocidad, es decir que el conductor regalara de forma consciente la velocidad del vehículo la capacidad de giro será máxima se recomienda desactivar dicha opción.
 - Velocidad de diseño: en el caso de la práctica se simulará solo vehículos pesados pues el objetivo es comprobar que los radios de giro en las curvas están diseñados correctamente. Se adoptarán velocidades de diseño como 30 km/h en todo el tramo salvo.
 - Límites de dirección y articulación: Esta función permite asignar factores de seguridad a los parámetros predefinidos, como limitar los radios de giro de los vehículos o la velocidad de circulación.
 - Dinámica: Esta función tiene en cuenta los defectos dinámicos de inercia en los giros. En el caso práctico, los giros se realizan a velocidades bajas, por lo que estos efectos son insignificantes y el programa desactiva automáticamente esta



opción. Sin embargo, en caso de velocidades más altas, esta opción se activa automáticamente. Aun así, también se puede activar o desactivar manualmente.

- Finalizar: Esta pestaña permite asignar la configuración predeterminada para las sesiones de fracturas.

CREAR TRAZADOS

La siguiente definición son los trazos para los distintos vehículos. En esta parte se hace mención al trazado de la vía y los recorridos por el carril de los vehículos estas pueden ser por el carril derecho, así como el izquierdo de la vía principal en su estudio.

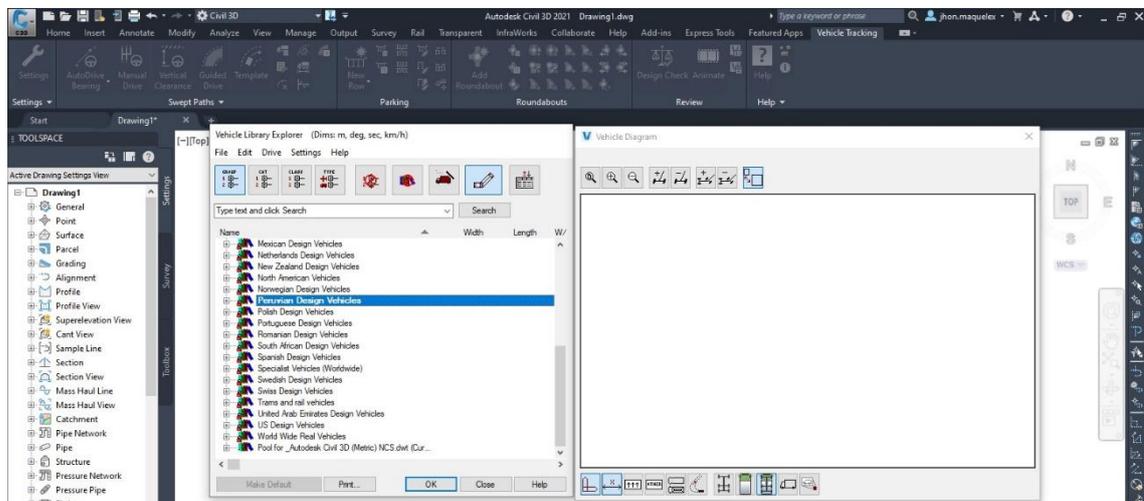
Existen cuatro alternativas para generar un trazado de un vehículo:

- Auto Drive Arco: Permite dibujar el trazado manualmente seleccionando los puntos por los que pasará el vehículo.
- Conducción Manual: Permite conducir el vehículo de manera manual y, al finalizar la conducción, se genera el trazado.
- Control de galibo: Se utiliza para verificar si un vehículo específico cumple con los requisitos de altura para pasar un obstáculo.
- Conducción guiada: Se utiliza en vehículos como trenes y vías terrestres, cuya posición está condicionada por el trazado de los carriles.

En el caso de la investigación, los trazados se definen utilizando la primera opción, es decir, el Auto Drive Arco, donde se seleccionan los puntos por los que el vehículo pasará.

Figura 15

Crear trazos a partir de la opción Auto Drive Arco.



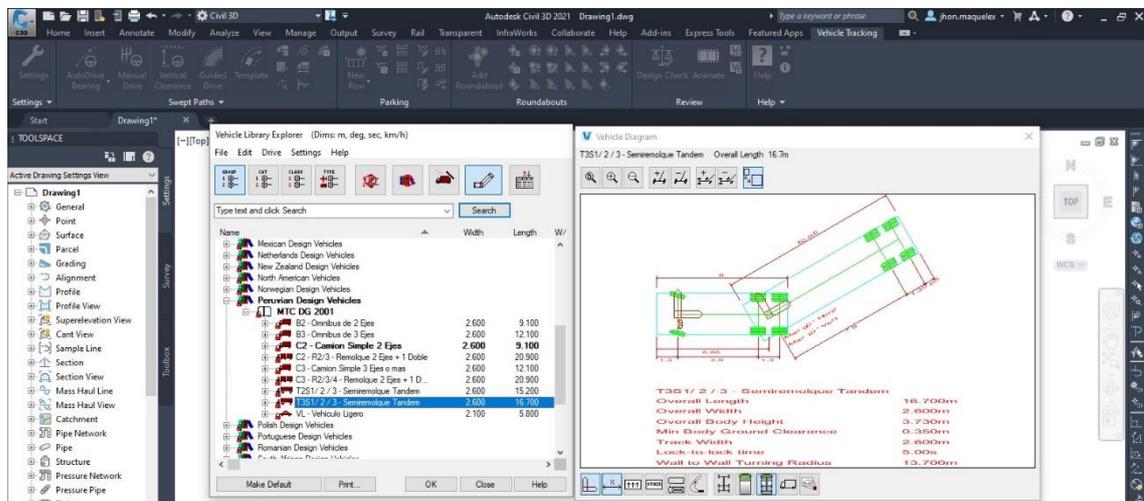
Tras la selección aparece dos ventanas. La primera te visibiliza la biblioteca de vehículos integradas en el software, con una amplia gama de vehículos convencionales que se tiene a nivel mundial. La segunda se trata de una pestaña de visualización para que se muestre características de los vehículos.

En nuestro país se tiene una gama amplia de vehículos para los diseños que abarcan desde vehículos ligero de tipo M hasta vehículos articulados de tipo S en la cual se tiene en el reglamento nacional de vehículo. Del Perú (ver tabla 03).

Por tanto, se observó que para el diseño vial y análisis de la seguridad el vehículo de mayor dimensión que puede circular para la red vial en estudio de investigación en un tipo de vehículo que se encuentra en la biblioteca que aparece seleccionada mediante la normativa de MTC DG-2001, en la cual aparece un semi-trailer articulado de hasta 16.70 metros de anchura. Por lo que este modelo será el vehículo de mayor dimensión seccionado para el estudio.

Figura 16

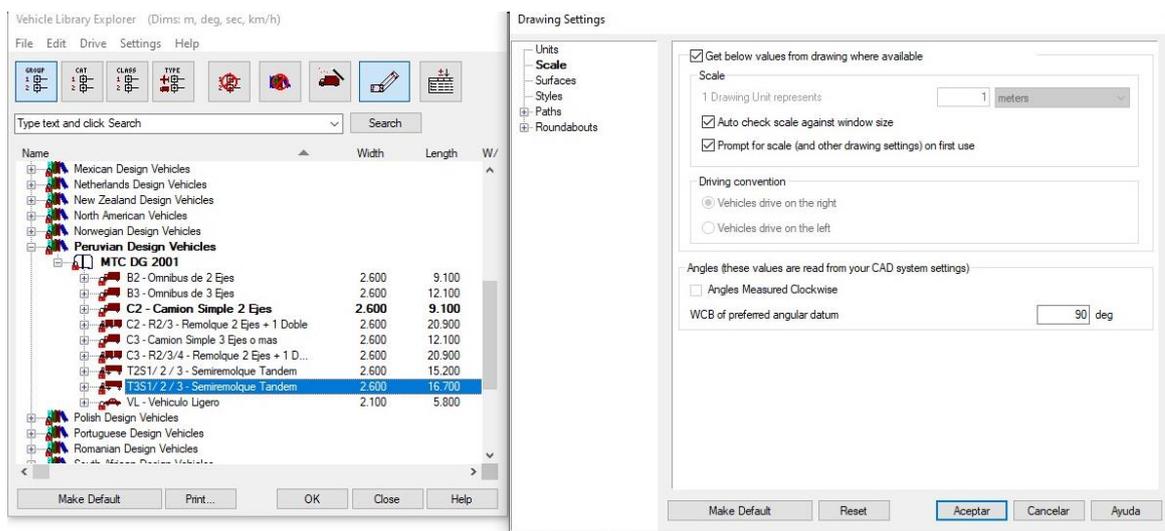
Modelo de vehículo T3S1 empleado en la simulación de Vehicle Tracking.



Una vez seleccionada el vehículo deseado, se va a la pestaña de acceso para la configuración que está establecida en la parte superior de la misma ventana. Esta configuración es la realización de la primera fase, para el dibujo.

Figura 17

Configuración de parámetros de dibujo.



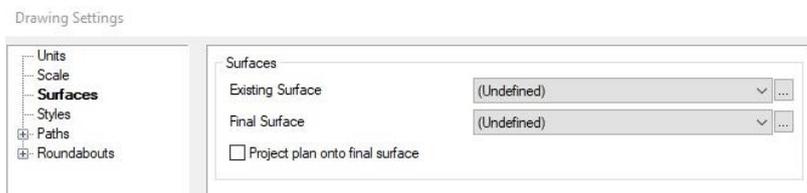
Nota: En esta pestaña se puede modificar los siguientes parámetros.

Parámetros de modificación:

- Ventana de escala
 - Escala del dibujo previamente establecida en la configuración del sistema.
- Ventana de superficies: Se asigna la superficie para la circulación del vehículo.
En la cual circulara en la vía visualizándose la planta sobre la superficie diseñada directamente marcando las casillas correspondientes.

Figura 18

Superficies objetivos para Vehicle Tracking.

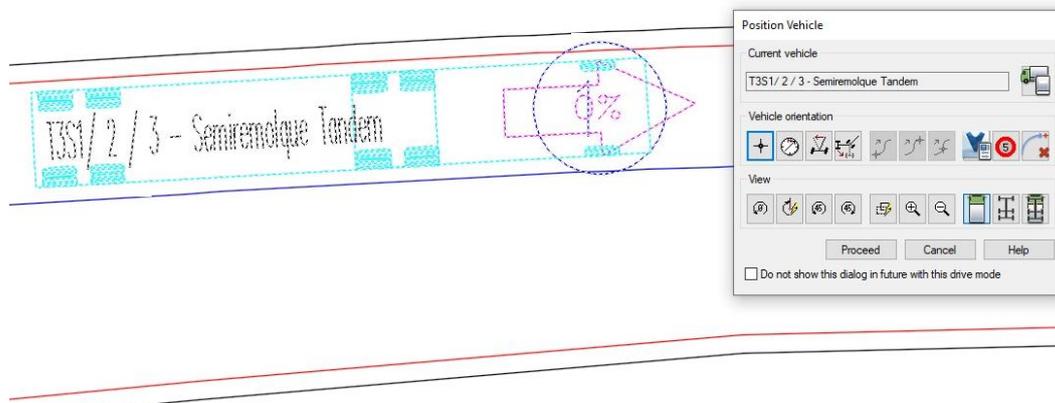


- Estilos: Permite asignar estilos a los trazados que se generan. Para este caso se deja por defecto.
- Rutas: Contiene opciones preestablecidas en la configuración del sistema que se puede modificar.

Una vez seleccionada y definida las opciones se cliquea en continuar, en donde se muestra un cursor para el trazo con el vehículo establecido esta nos permitirá hacer el trazo del recorrido que se tomara durante toda la carretera seleccionada además se tiene que hacer una guía para el curso de recorrido con criterios de cada persona o conductor.

Figura 19

Posicionamiento del vehículo y opciones de visualización.



Tras la configuración de opciones se cliquee en “seguir” o “proceed”, y se procede a dibujar el trazado, en la pantalla por los puntos en la cual hará su recorrido el vehículo. Además, al finalizar el trazado aparecerá la ventana para ajustar los parámetros de ser designados para las velocidades del mismo trazo lo que permitirá simular de forma realista el vehículo.

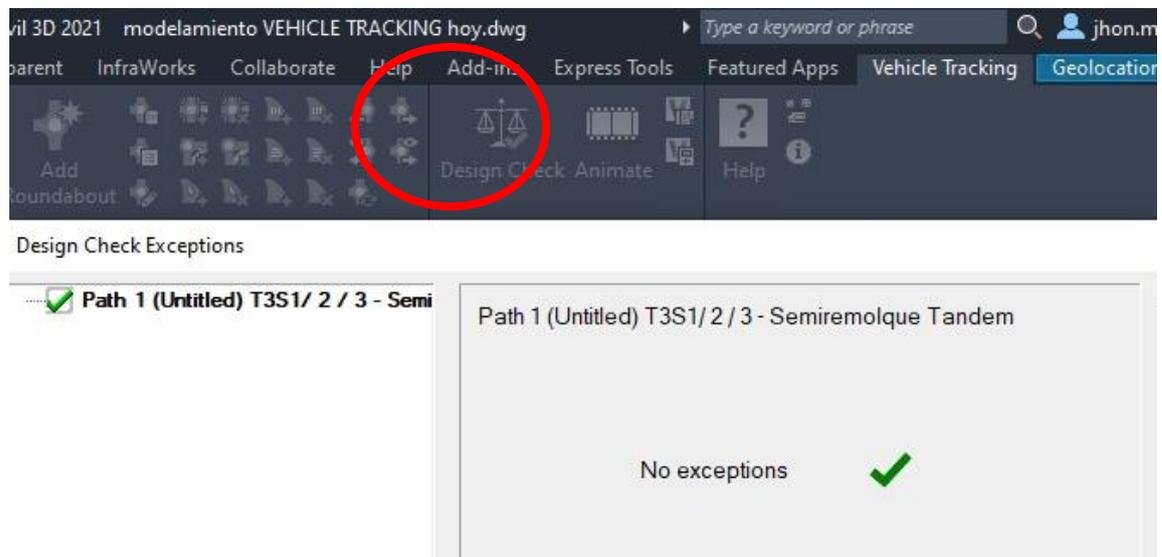
Comprobación del trazado

Una vez generado el trazado completo, se puede comprobar si cumple los requisitos de diseño, que será la circulación en la zona de los carriles sin invadir la la berma o los ejes secuenciales de tránsito para ellos se recurre a los procedimientos.

Primero se aplica la herramienta de comprobar el diseño. Aparece la lista de trazados generados y las incorrecciones.

Figura 20

Herramientas para comprobar los diseños

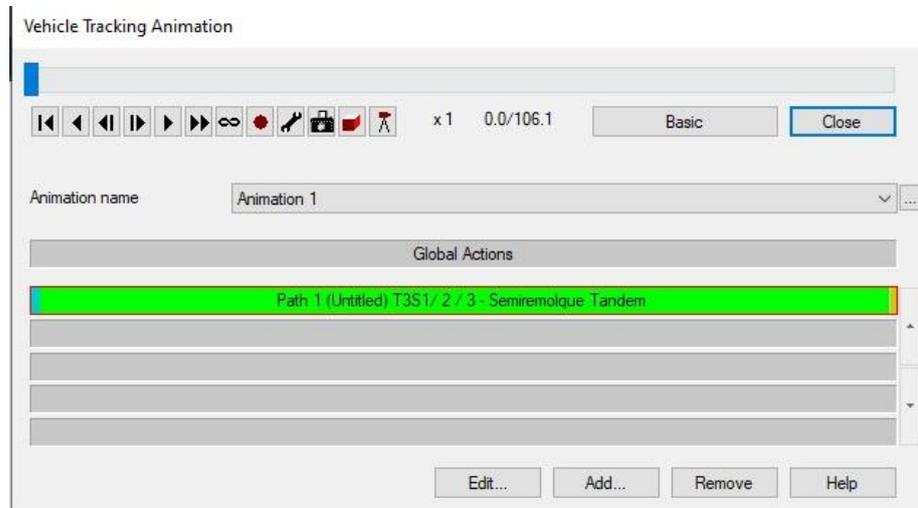


La herramienta proporciona información sobre los errores cometidos en los datos de entrada que recibe. En este caso, no se utilizaron los límites de carriles, pero sí los radios de giro permitidos. Por lo tanto, es necesario complementar el procedimiento con otra herramienta que permita visualizar si el vehículo circula dentro de las condiciones de contorno admisibles.

Para animar el procedimiento tenemos el módulo de animación situado justo al costado de la primera opción mediante la herramienta se puede visualizar la simulación tanto en 2D como en 3D, del recorrido en cuestión. Así mismo se tiene las cámaras rasantes que es una secuencia de comandos para la mejor visibilizarían

Figura 21

Ventana de control de simulación en Vehicle Tracking.

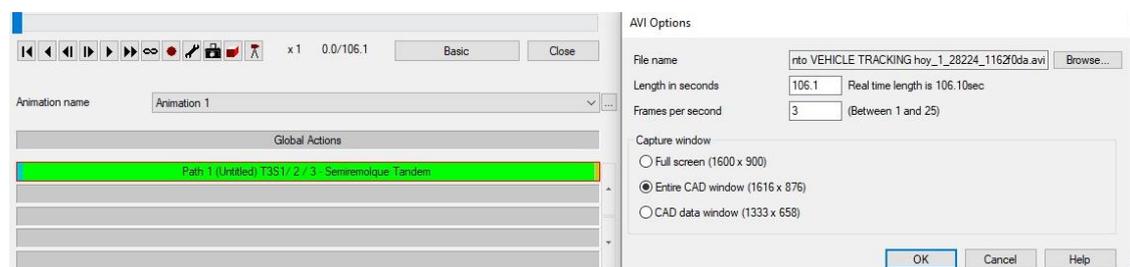


Simulación en planta sin usar ninguna herramienta de simulación

Para la simulación solo queda aplicar las herramientas de iniciar simulación y acelerar reproducción puesto que esto hará más fluido el sistema de simulación así mismo se tiene la herramienta de grabar el video del recorrido para que tenga un registro de simulación de cada vehículo.

Figura 22

Proceso para crear simulación en planta para el giro de vehículos.



Simulación en 3D mediante la opción control de cámara

La opción de control de cámara nos permite crear las distintas perspectivas de la simulación haciendo que el recorrido tenga varias visibilizarían de control.

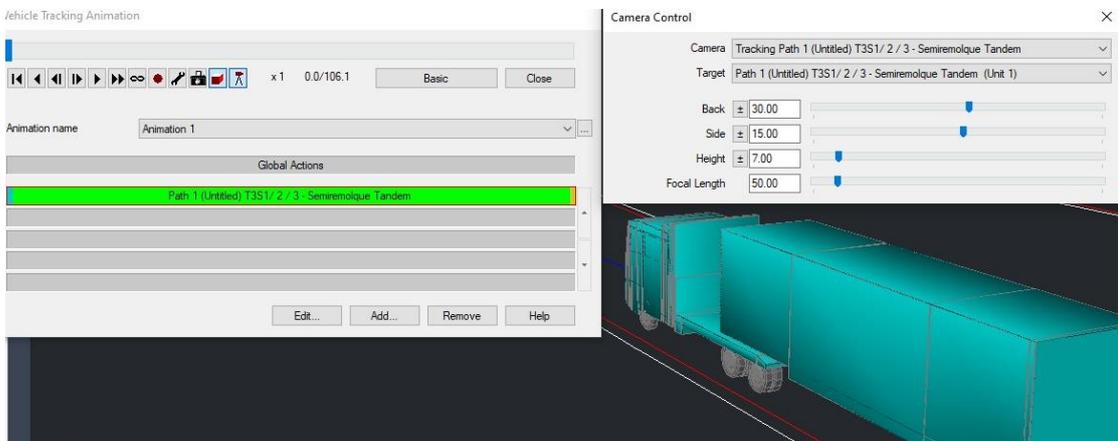
Cámara: se define para guiar la ruta del trazo del vehículo y se visualizara desde la perspectiva del conductor desde un punto fijo.

Objeto: se enfoca en la cabina del vehículo o en la parte trasera.

Control de cámara: tiene las opciones de; Atrás, lado, altura y longitud focal, se controla la visualización.

Figura 23

Opciones de simulación mediante control de cámara.



Nota: toda simulación tiene su video grabada en un drive que se comparte en público.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en la carretera MO-518 tramo Los Ángeles – Yacango, que comprende en el kilómetro 7+000 al 9+000 que está ubicada en la parte noreste de la ciudad de Moquegua.

3.1.1 Ubicación política

Región : Moquegua

Provincias : Mariscal Nieto

Distrito : Moquegua

Carretera : Moquegua - Torata

3.1.2 Ubicación en coordenadas UTM

La zona de investigación está ubicada al este de la ciudad de Moquegua, comprendida en el sistema de coordenadas UTM – WGS 84, zona del esferoide 19 sur.

Tabla 22

Ubicación UTM WGS 84 – 19S del área de estudio.

Km 7+000	Km 9+000
8101539.00 N	8102433.00 N
298433.00 E	298720.00 E

Nota: Datos obtenido desde el campo con un GPS.

3.1.3 Vía de comunicación y accesibilidad

Tabla 23

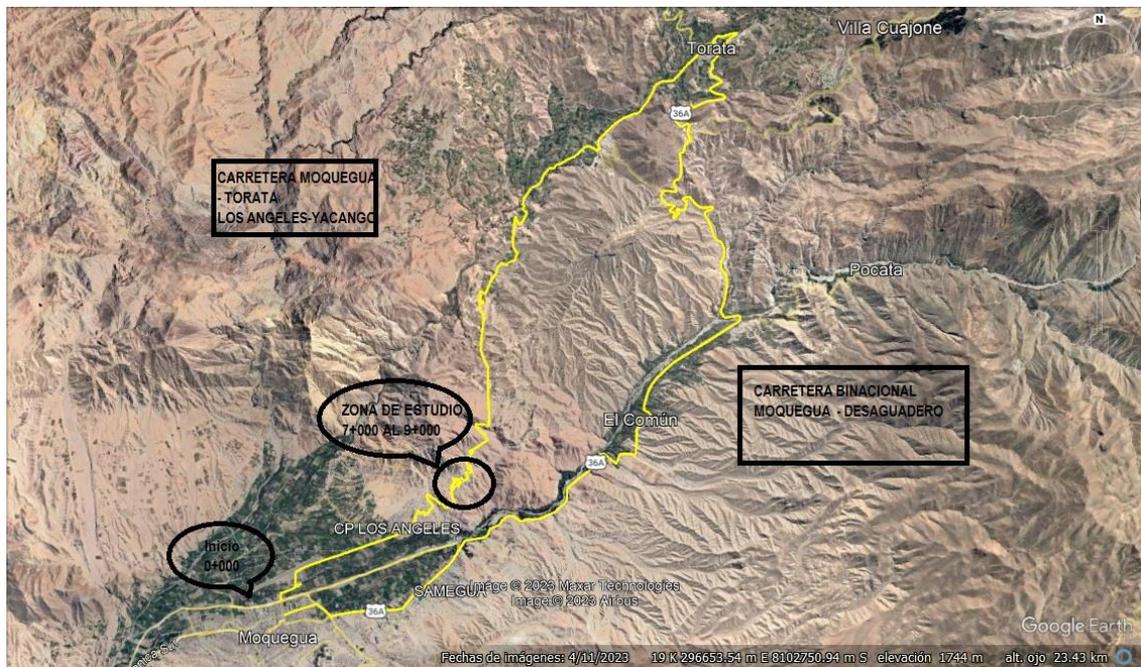
Carreteras de acceso al lugar de estudio.

TRAMO	TIPO DE CARRETERA	DISTANCIA EN (KM)	TIEMPO (H)
Los Ángeles - Yacango	Asfalto	9 km	00:20:00 h

Nota: Datos obtenidos en la visita de campo.

Figura 24

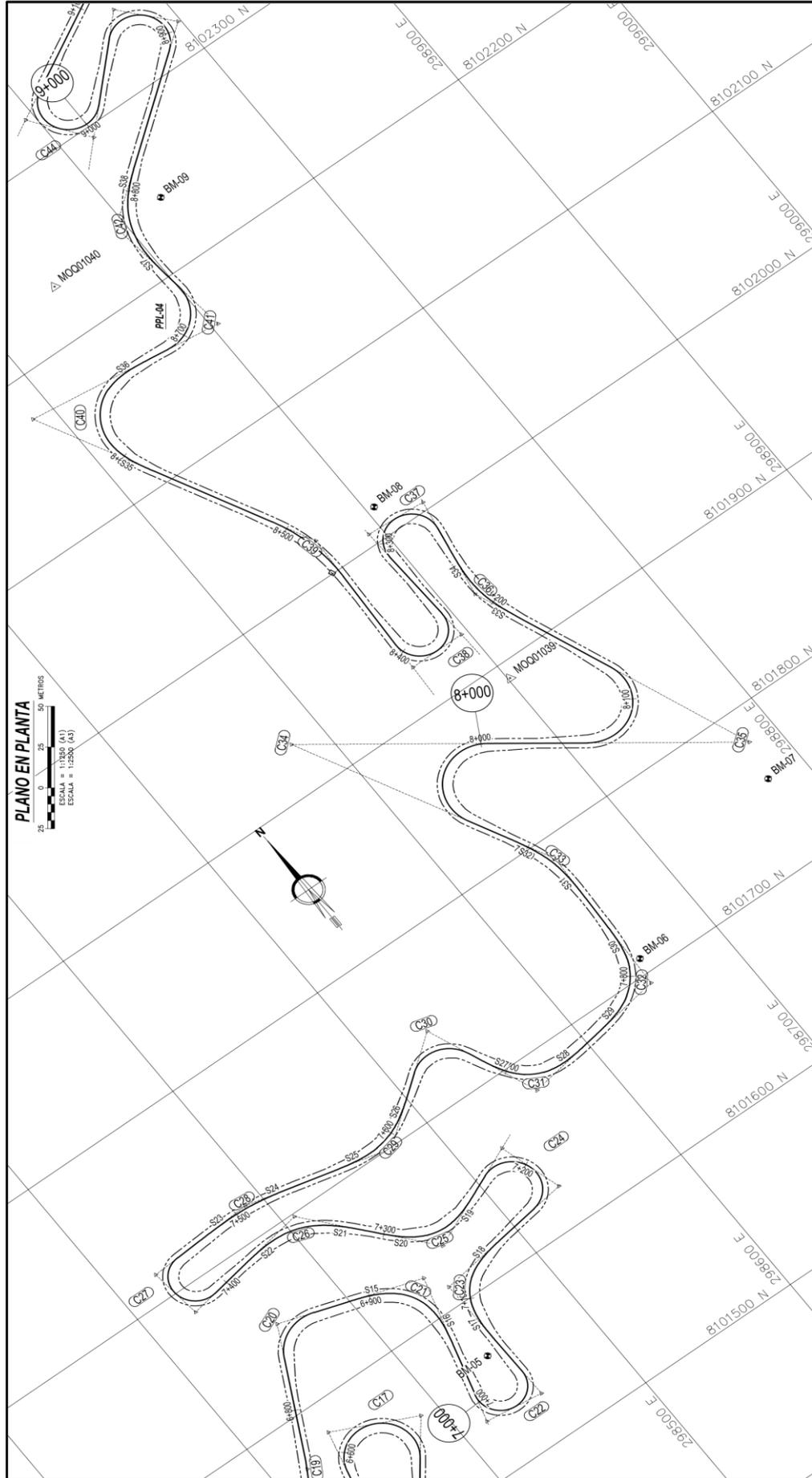
Mapa de ubicación de la carretera.



Nota: Foto tomada de Google Earth el 22-10-2022.

Figura 25

Plano clave de estudio.





3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materiales

- Ficha para recolección de datos
- Libreta de campo
- Materiales de escritorio

3.2.2 Equipos

- GPS diferencial
- Estación total
- laptop

3.2.3 Instrumentos

- Cámara fotográfica
- Wincha
- flexómetro

3.2.4 Software empleado

- Civil 3d (educativo)
- AutoCAD (educativo)
- Vehicle Tracking (prueba gratuita)
- Google Earth (libre)



3.3 DESARROLLO METODOLÓGICO

3.3.1 Método de la investigación

Para resolver los objetivos se tuvo que realizar la simulación de la vía en el software VEHICLE TRACKING en el cual se analizó las trayectorias de los vehículos de diseño, comparar valores del diseño geométrico así mismo parámetros de sobrecanchos y radios mínimos del diseño actual (DG-2014), y los nuevos como DG-2018 y AASHTO-2011. Los resultados han sido comparados entre sí para ver cual tiene mucha relación con respecto al VEHICLE TRACKING. Y se “busca comprobar la hipótesis a base de recolección de datos, además se emplean datos números que son medidos y los resultados estadísticos son exactos y medibles”.

3.3.2 Tipo de investigación

Es descriptiva aplicada – cuantitativa, porque se basa en teorías existentes para solucionar problemas.

Según el grado de intervención de la investigación es “observacional, porque no existe la intervención de la investigación sobre la variable, tampoco hay intención de la investigación de modificar los resultados, los datos reflejan son de evolución natural de los eventos, ajena a la voluntad de investigación” (Supo, 2012).

3.3.3 Nivel de investigación

Es descriptivo ya que la finalidad fue desarrollar parámetros o criterios de diseño geométrico de carreteras bajo el enfoque de las normas nacionales e internacionales para su análisis y comparación. Además, que los diseños aplicados en el programa que se desarrollará nos darán la seguridad vial.



3.3.4 Diseño de investigación

Es de tipo no experimental, porque se realizó un estudio y una investigación de criterios de diseño en las normas nacionales e internacionales de carreteras con un estudio de sobreechamientos y peraltes, con verificación del software Vehicle Tracking.

3.3.5 Población

La población está representada por el tramo de carretera de 14+013.27 km, la cual es perteneciente a “la carretera vecinal MO-518 tramo Los Ángeles – Yacango de la Región Moquegua”. La cual está representada por una faja de vía que va por toda la extensión kilometrada a cada 1 kilómetro y los datos son visualizados por datos alfa numéricos georreferenciados.

3.3.6 Muestra

La muestra estadística está compuesta y seleccionada en un tramo dentro de la faja vía que esta desde las “progresivas KM 7+000 al KM 9+000” en la cual se referencia que tenemos curvas en desarrollo muy cerradas y por ello es seleccionada estos 2 kilómetros del corredor.

3.3.7 Variables

Variable independiente: parámetros del diseño geométrico de carreteras, manual de carreteras: diseño geométrico DG-2018, norma AASHTO-2011.

Variable dependiente: análisis de la simulación con VEHICLE TRACKING

3.4 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Fase 1: Recolección del espacio de trabajo

Para desarrollar la investigación se obtuvo la información pertinente del proyecto que está a cargo de la empresa CONSORCIO LIMA, quien está a cargo de la ejecución de obra, de propiedad de la “Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto”. En el cual el proyecto se denomina “Mejoramiento de la Carretera Vecinal ruta MO-518, Tramo Centro Poblado Los Ángeles – Centro Poblado Yacango, Provincia Mariscal Nieto, Región Moquegua”. Es en ello que nos enfocamos en los KM 7+000 al 9+000 en cual se desarrollan curvas horizontales muy cerradas y donde se analizó la seguridad vial con la aplicación del software VEHICLE TRACKING. (ANEXO 2 Y 3) plano de planta perfil de la obra en FORMATO A-2.

3.4.2 Fase 2: Levantamiento topográfico:

A partir de la ubicación del terreno en cual se desarrollará el estudio de vía, se realizó el levantamiento topográfico, estableciendo el punto de control que nos facilita la empresa, que es un punto geodésico de orden “C” y el punto que se ha elegido base MOQ01039, con el cual nos referenciaremos para el levantamiento topográfico.

Tabla 24

Puntos de control UTM.

DESCRIPCIÓN	PUNTOS DE REPLANTEO BMS		
	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
BM-5	8101565.776	298440.488	1786.515
BM-6	8101709.498	298654.518	1830.513
BM-7	8101754.876	298777.467	1839.814
BM-8	8102018.892	298704.809	1865.569
BM-9	8102241.360	298725.610	1907.255
BM-10	8102443.848	298923.481	1935.744

Nota: datos obtenidos en campo con el levantamiento topográfico.



Para realizar el levantamiento topográfico se utilizó GPS diferencial en modo RTK. La franja de la carretera se levantó restando los puntos de relleno de los puntos de control, que se obtuvieron principalmente de las cunetas, los pies de talud cortados y los rellenos, así como de los márgenes y el eje de la carretera actual. (Anexo 4).

3.4.3 Fase 3: Estudio de tráfico vehicular

El estudio de tráfico se realizó para identificar la demanda que genera la carretera en tránsito por donde se movilizan vehículos de todo tipo de uso así mismo el conteo de vehículos con el método volumétrico y numéricos. El conteo se realizó durante 7 días continuas por 24 horas dentro de la ruta normal. Es así que se estudia y se recaba información dentro de los peajes cercanas a la vía para obtener el factor de corrección (horario, diario, estacional, se obtendrá el (IMDa) del tráfico de la carretera que corresponda en tramo por cada tipo de vehículo y total. Los datos de estudio corresponde a la de 24 de octubre al 30 de octubre del año 2022.

Tabla 26

Cálculo del IMDa tráfico vehicular en ambos sentidos.

TIPO DE VEHÍCULO	TRÁFICO VEHICULAR EN AMBOS SENTIDOS POR DÍA							TOTAL, SEMANA (VI)	IMDs= ΣVI/7	FC	IMDa= IMDs*FC
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
Auto	127	116	117	126	121	125	132	854	123	1.1309206	140
Station wagon	131	137	132	134	145	132	124	935	134	1.1309206	151
Camioneta	54	35	37	45	41	61	31	305	44	1.1309206	49
Panel	13	16	13	9	19	16	10	95	14	1.1309206	16
Combi rural	8	7	8	7	8	12	6	55	8	1.1309206	9
Micro	5	4	7	4	9	5	3	37	5	1.1309206	6
Bus 2E	6	8	9	8	12	6	4	53	8	1.07225479	8
Bus 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.07225479	0
Camión C2	9	8	7	9	12	10	11	55	9	1.07225479	10
Camión C3	6	0	4	6	8	5	3	35	5	1.07225479	5
Camión C4	0	0	0	0	3	1	0	4	1	1.07225479	1
2S1/2S2	1	2	1	2	4	4	2	15	2	1.07225479	2
2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.07225479	0
3S1/3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.07225479	0
≥=3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.07225479	0
TOTAL	360	336	335	351	382	377	326	2457	351		397

Nota: Los datos recolectados son de estudio del mes de octubre 2022 desde el lunes 24 de octubre hasta el domingo 30 de octubre. *Fc= factor de corrección corresponde al peaje de Pampa Cuellar es el que se localiza en la carretera binacional Ilo-Desaguadero Ruta 36-A.

3.4.4 Fase 4: Calculo de parámetros de la carretera

Se hace los cálculos y se obtiene los parámetros de la vía según lo requerido para un diseño de vías. La evaluación de la normativa que nos proporciona las normas técnicas de construcción. Según la norma diseño geométrico de carreteras DG-2018, así como la norma internacional AASHTO-2011, se establece las nuevas características generales de diseño y ante ello tenemos los siguientes datos:

Tabla 27

Características del diseño geométrico según DG-2018.

PARÁMETROS	VALOR
Condición orográfica	Tipo 3, 4
Volumen de trafico	386 veh/dia
Velocidad directriz	30 km/h
Numero de vía	1
Ancho de calzada	6.00 m
Ancho de berma	0.50 m
Ancho de plataforma	7.00 m
Radio mínimo de curva circular	25.00 m
Radio mínimo de curva de volteo	15.00 m
Pendiente máximo Long.	11.00 %
Pendiente mínimo	0.50 %
Bombeo de calzada	2.00 %
Constante K de curva vertical	1.9 convexas y 6.6 cóncavas
Peralte máximo	8.00 %
Peralte y sobreebanco	Según DG-2018
Talud de relleno $H \leq 3$ m	1V:1.5H
Talud de relleno $H \geq 3$ m	1V:2H
Talud de corte	Según estudio

Nota: Datos obtenidos calculando e interpretando el manual DG-2018.

Tabla 28

Características de diseño geométrico según AASHTO-2011.

PARÁMETROS	VALOR
Condición orográfica	Montañoso
Volumen de trafico	386 veh/dia
Velocidad directriz	30 km/h
Numero de vía	1
Ancho de calzada	6.00 m
Ancho de berma	0.50 m

PARÁMETROS	VALOR
Ancho de plataforma	7.00 m
Radio mínimo de curva circular	25.00 m
Radio mínimo de curva de volteo	15.00 m
Pendiente máximo Long.	11.00 %
Pendiente mínimo	0.50 %
Bombeo de calzada	2.00 %
Constante K de curva vertical	1.9 convexas y 6.6 cóncavas
Peralte máximo	8.00 %
Peralte y sobreaño	Según AASHTO-2011
Talud de relleno $H \leq 3$ m	1V:1.5H
Talud de relleno $H \geq 3$ m	1V:2H
Talud de corte	Según estudio

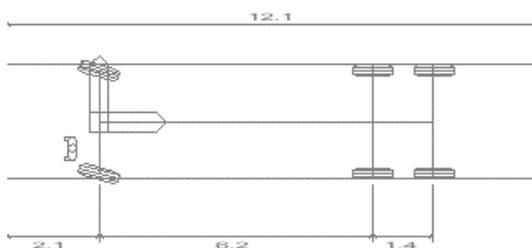
Nota: Datos obtenidos mediante calculados e interpretación de la norma AASHTO.

3.4.5 Fase 5: Estudio de vehículo de diseño

Se realiza el análisis de los vehículos de diseño aplicados en el proyecto de acuerdo a distintas dimensiones. El manual vigente en el Perú la norma DG-2018 nos describe que para el diseño de carreteras el vehículo que tenemos que tener en referencia debería de ser mínimo un vehículo rígido que es un vehículo Ómnibus (B3) y el cual debería de adaptarse al trazo de la carretera en el cual se aplicara.

Figura 26

Vehículo de diseño según norma DG-2018 ómnibus (B3).



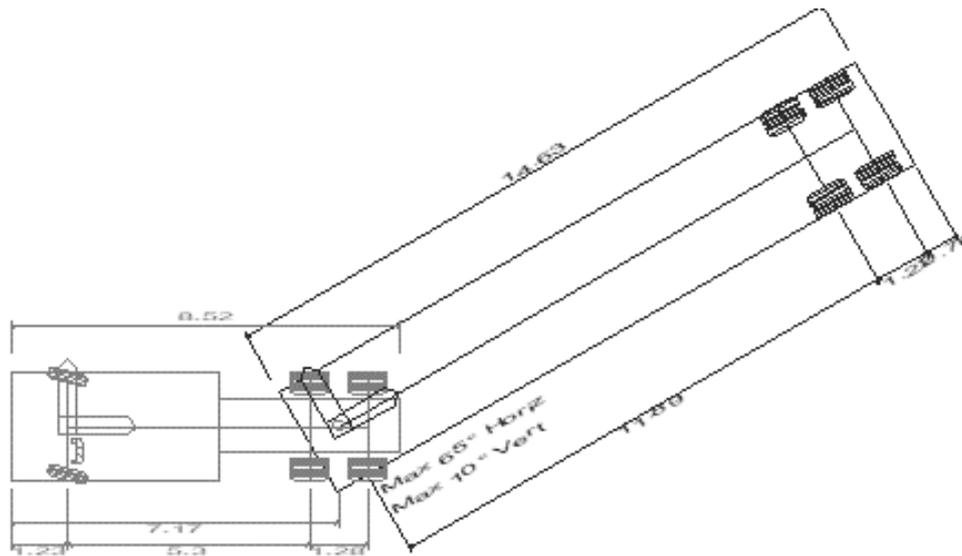
B3 - Omnibus de 3 Ejes	
Overall Length	12.100m
Overall Width	2.600m
Overall Body Height	3.650m
Min Body Ground Clearance	0.445m
Track Width	2.600m
Lock-to-lock time	5.00s
Wall to Wall Turning Radius	12.800m

Nota: Civil 3D biblioteca de vehículos de DG-2001-MTC.

Según el AASHTO, Para el diseño de las curvas actuales nos especifica que se debe de usar como vehículo de diseño el vehículo WB-19 que según sus dimensiones en el vehículo conocido en el Perú es el vehículo semi-trailer T3S1.

Figura 27

Vehículo de diseño según la norma AASHTO-2011 semitrailer (WB-19).



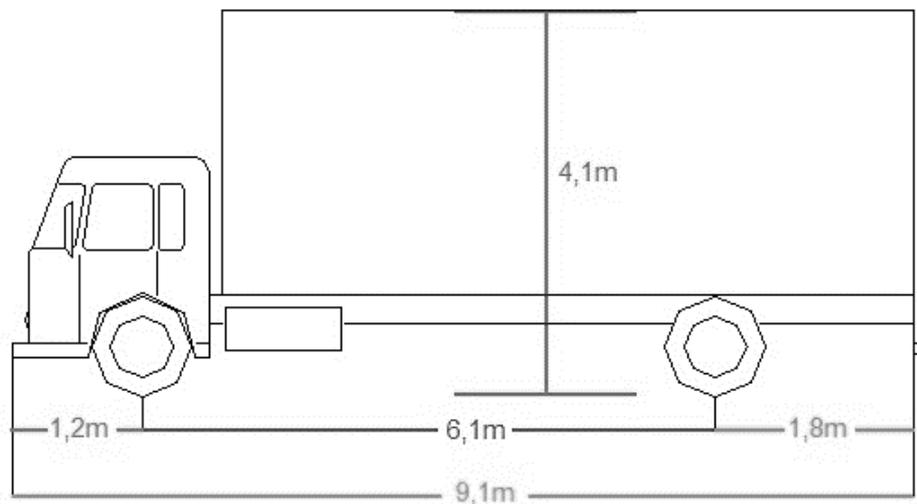
WB-19 - Interstate Semi-Trailer	
Overall Length	21.040m
Overall Width	2.590m
Overall Body Height	4.110m
Min Body Ground Clearance	0.407m
Max Track Width	2.590m
Lock-to-lock time	6.00s
Max Steering Angle (Virtual)	28.40°

Nota: Civil 3d biblioteca de vehículos de AASHTO-2011.

La norma DG-2014 nos indica que el vehículo de diseño que se debe usar es un vehículo camión (C2) para las carreteras con un índice de vehículo menor a 400 veh/día y es por ellos que nuestro diagnostico será con un vehículo de diseño original.

Figura 28

Dimensionamiento del vehículo camión (C2).



Nota: Civil 3d biblioteca de vehículos de DG-200-MTC.

3.4.6 Fase 6: Simulaciones en el Vehicle Tracking

Una vez teniendo el vehículo de diseño para las carreteras (camión C2, Ómnibus B3 y semi-trailer T3S1) se hace una simulación en el programa VEHICLE TRACKING que es un simulador de carreteras de diseño que está dentro del AutoCAD CIVIL 3D. En el cual se describe la trayectoria o la ruta de un vehículo, así mismo en la simulación se puede visualizar el movimiento del vehículo en donde se mueve en el plano o ejes de la vía. (ANEXO 5 – Simulación de trayectorias).

Para desarrollar las simulaciones se requiere un plano en planta bien desarrollado según el diseño geométrico ANEXO 2 y 3. Donde se tiene que atribuir el eje central de la vía la línea de referencia de exteriores de vía y la línea final de berma así mismo las cunetas y referencias de corte no son indispensables. ANEXO 4.

Cálculos obtenidos por VEHICLE TRACKING.

Empezando, la simulación abriendo nuestro archivo actual de la vía nos enfocamos directamente en los planos del KM 7+000 al 9+000 donde se hace una simulación con el vehículo de diseño camión C2, B3 y T3S1 haciendo el trazo de ruta en los dos kilómetros, en la cual nos encontramos con 6 curvas críticas C-22, C-24, C-27, C-37, C-38 y C-43. Que siendo nuestra velocidad de diseño de 30 km/h se desenfoca y se sale de la vía el vehículo. Y es ante ello que recurrimos al ensayo de velocidades dando que para desarrollar se maneja una velocidad de operación para el Vehicle Tracking de 5 km/h del vehículo y esta representa a un recorrido exacto, pero aun así se presenta las mismas curvas críticas.

Haciendo el ensayo de las curvas críticas se obtiene los datos que se infracciona cada vehículo dándonos así el **sobreaancho requerido** necesario para estas curvas críticas según el tipo de vehículo.

Tabla 29

cálculos de VEHICLE TRACKING de ida (C2).

Vehículo en ida (C2)	Distancia de vehículo (DV)	Sobreaancho requerido (Sr)	Radio de curva (RC)	Ancho de vía (AC)	Velocidad de diseño (V)	Invasión de vía VEHICLE TRACKING
Curva 22	9.10	0.00	15.00	30.00	5.00	0.96
Curva 24	9.10	0.00	17.00	3.00	5.00	0.63
Curva 27	9.10	2.80	15.00	3.00	5.00	0.00
Curva 37	9.10	0.00	16.00	3.00	5.00	0.94
Curva 38	9.10	2.80	16.00	3.00	5.00	0.00
Curva 43	9.10	0.00	17.00	3.00	5.00	0.99

Nota: Calculo obtenido desde el software vehicle tracking. *Del vehículo camión C2 de ida.

Tabla 30

Cálculos de VEHICLE TRACKING de retorno (C2).

Vehículo en vuelta (C2)	Distancia de vehículo (DV)	Sobree ancho requerido (Sr)	Radio de curva (RC)	Ancho de vía (AC)	Velocidad de diseño (V)	Invasión de vía VEHICLE TRACKING
Curva 22	9.10	2.80	15.00	30.00	5.00	0.00
Curva 24	9.10	2.80	17.00	3.00	5.00	0.00
Curva 27	9.10	0.00	15.00	3.00	5.00	0.88
Curva 37	9.10	2.80	16.00	3.00	5.00	0.00
Curva 38	9.10	0.00	16.00	3.00	5.00	0.83
Curva 43	9.10	2.80	17.00	3.00	5.00	0.00

Nota: Calculo obtenido desde el software vehicle tracking. *Del vehículo camión C2 de retorno.

Tabla 31

Cálculos de VEHICLE TRACKING de ida Ómnibus (B3).

Vehículo en ida (B3)	Distancia de vehículo (DV)	Sobree ancho requerido (Sr)	Radio de curva (RC)	Ancho de vía (AC)	Velocidad de diseño (V)	Invasión de vía VEHICLE TRACKING
Curva 22	12.10	2.87	15.00	30.00	5.00	1.42
Curva 24	12.10	2.84	17.00	3.00	5.00	1.39
Curva 27	12.10	2.93	15.00	3.00	5.00	0.00
Curva 37	12.10	2.86	16.00	3.00	5.00	1.42
Curva 38	12.10	2.91	16.00	3.00	5.00	0.00
Curva 43	12.10	2.84	17.00	3.00	5.00	1.41

Nota: Calculo obtenido desde el software vehicle tracking. *Del vehículo ómnibus B3 de ida.

Tabla 32

Cálculo de VEHICLE TRACKING de retorno Ómnibus (B3).

Vehículo en vuelta (B3)	Distancia de vehículo (DV)	Sobree ancho requerido (Sr)	Radio de curva (RC)	Ancho de vía (AC)	Velocidad de diseño (V)	Invasión de vía VEHICLE TRACKING
Curva 22	12.10	2.93	15.00	30.00	5.00	0.00
Curva 24	12.10	2.89	17.00	3.00	5.00	0.00
Curva 27	12.10	2.87	15.00	3.00	5.00	1.68
Curva 37	12.10	2.91	16.00	3.00	5.00	0.00
Curva 38	12.10	2.86	16.00	3.00	5.00	1.44
Curva 43	12.10	2.89	17.00	3.00	5.00	0.00

Nota: Calculo obtenido desde el software vehicle tracking. *Del vehículo ómnibus B3 de retorno.

Tabla 33

Cálculos de VEHICLE TRACKING de semi-trailer.

Vehículo en ida (T3S1)	Distancia de vehículo (DV)	Sobrecancho requerido (Sr)	Radio de curva (RC)	Ancho de vía (AC)	Velocidad de diseño (V)	Invasión de vía VEHICLE TRACKING
Curva 22	15.20	3.00	15.00	30.00	5.00	2.24
Curva 24	15.20	3.00	17.00	3.00	5.00	2.76
Curva 27	15.20	3.00	15.00	3.00	5.00	0.00
Curva 37	15.20	3.00	16.00	3.00	5.00	2.17
Curva 38	15.20	3.00	16.00	3.00	5.00	0.00
Curva 43	15.20	3.00	17.00	3.00	5.00	1.94

Nota: Calculo obtenido desde el software vehicle tracking. *Del vehículo semi-trailer T3S1 de ida.

Tabla 34

Cálculos de VEHICLE TRACKING de retorno semi-trailer.

Vehículo en ida (T3S1)	Distancia de vehículo (DV)	Sobrecancho requerido (Sr)	Radio de curva (RC)	Ancho de vía (AC)	Velocidad de diseño (V)	Invasión de vía VEHICLE TRACKING
Curva 22	15.20	3.00	15.00	30.00	5.00	0.00
Curva 24	15.20	3.00	17.00	3.00	5.00	0.00
Curva 27	15.20	3.00	15.00	3.00	5.00	2.05
Curva 37	15.20	3.00	16.00	3.00	5.00	0.00
Curva 38	15.20	3.00	16.00	3.00	5.00	1.97
Curva 43	15.20	3.00	17.00	3.00	5.00	0.00

Nota: Calculo obtenido desde el software vehicle tracking. *Del vehículo semi-trailer T3S1 de retorno.

3.4.7 Fase 7: Estudio de sobrecanchos requeridos

Una vez obtenido los datos básicos nos enfocamos en el cálculo de los sobrecanchos requerido por la norma DG-2018 Y AASHTO-2011 las normas nos indican una serie de fórmulas que se encuentran para el cálculo del sobrecancho. Estas fórmulas se pueden encontrar en el marco teórico con el nombre de sobrecanchos tanto en el DG-2018 así como de la norma AASHTO-2011.

Entre estos datos calculados obtenemos la tabla de resultados en el cual nos enfocaremos de ayuda.



Tabla 35

Base de datos calculados por las normas DG-18 Y AASHTO-11.

N°	Curva	Sobre ancho actual		Sobrecancho DG-2018		Sobrecancho AASHTO-2011		Tipo de vehículo
		Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	
1	22	0.00	2.80	3.80	4.57	2.80	2.85	C2
2	22	0.00	2.80	6.38	7.89	2.87	2.93	B3
3	22	0.00	2.80	12.90	17.70	2.98	3.06	T3S1
4	24	0.00	2.80	3.43	2.78	2.82	2.80	C2
5	24	0.00	2.80	5.69	2.84	2.89	2.80	B3
6	24	0.00	2.80	11.16	12.94	2.94	3.00	T3S1
7	27	2.80	0.00	4.57	3.80	2.85	2.80	C2
8	27	2.80	0.00	7.89	6.38	2.93	2.87	B3
9	27	2.80	0.00	17.70	12.90	3.06	2.98	T3S1
10	37	0.00	2.80	3.60	4.27	2.79	2.83	C2
11	37	0.00	2.80	6.01	7.30	2.86	2.91	B3
12	37	0.00	2.80	11.95	15.57	2.96	3.03	T3S1
13	38	2.80	0.00	4.27	3.60	2.83	2.79	C2
14	38	2.80	0.00	7.30	6.01	2.91	2.86	B3
15	38	2.80	0.00	15.57	11.95	3.03	2.96	T3S1
16	43	0.00	2.80	3.43	4.02	2.79	2.82	C2
17	43	0.00	2.80	5.69	6.81	2.84	2.89	B3
18	43	0.00	2.80	11.16	14.06	2.94	3.00	T3S1

Nota: datos obtenidos mediante cálculos de la fórmula de sobrecanchos del DG-18 y AASHTO-11.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.1.1 Para el objetivo general

Para evaluar la aplicabilidad del software Vehicle Tracking en el diseño geométrico de la vía se hace un recorrido que se desarrollará en la simulación de los KM 7+000 al 9+000 en cual se recurrió el empleo de 3 vehículos y se vio el recorrido de su trayectoria.

4.1.2 Para objetivos específicos

Primer Objetivo: En la simulación se estableció las zonas de curvas críticas puesto que los vehículos de la simulación generan sobreamchos mayores que ponen en riesgo la seguridad de la vía.

Segundo Objetivo: Se determinó si existe diferencia en el diseño de la vía, con respecto a los manuales de diseño de carreteras DG-2018 y AASHTO-2011, y estas como son aplicables para la toma de la seguridad vial de la carretera utilizando el software VEHICLE TRACKING para el diseño y evaluación de las curvas por SOBREAMCHOS de vías.

Tercer Objetivo: Para evaluar los nuevos parámetros se hace las comparaciones del cálculo de parámetros del DG- 2018 Y AASHTO-2011 que están en la **tabla 27y 28**

4.1.3 Error de la muestra y nivel de confianza

Para el análisis de estadística de la presente investigación se consideró un error muestra de 0.05 0 5% con un nivel de confianza de 0.95 0 95%.



4.1.4 Los instrumentos de observación

Los datos utilizados en la presente investigación serán primarios por que se tomó los propios cálculos de acuerdo a las normas DG-2018 y AASHTO-2011 así como la evaluación con el software VEHICLE TRACKING y tener un levantamiento topográfico con GPS diferencial, también se utilizó el expediente técnico para lo cual se nos hizo secundario el uso.

4.2 PRUEBA ESTADÍSTICA

4.2.1 Prueba Estadística para el Primer Objetivo

Para satisfacer al primer objetivo de la investigación no se usó algún diseño para la prueba estadística, se tomó criterios del investigador y se analizó mediante gráficos de barras y generación la simulación en el VEHICLE TRACKING con el recorrido de vehículos de diseño.

Se hizo un análisis de factores de seguridad en donde la normativa peruana DG-2018 nos establece que el radio mínimo para diseño de carreteras es de 25 m para las velocidades de diseño de 30 km/h y esto se basa según la ubicación de la vía para este caso es una vía de área rural accidentada o escarpada (VER TABLA 11).

Así mismo se encontró que el primer kilómetro de vía que es de 7+000 al 8 +000 se tiene 12 curvas horizontales con sus respectivos radios de diseño, asimismo se detectó radios menores al mínimo las cuales son curvas críticas que son 3 curvas como la curva C-22 con un radio de 15 metros, la curva C-24 con un radio de 17 metros y la curva C-27 con un radio de 15 metros y a ellas se les puede designar como curva critica.

De igual forma en segundo estudio del kilómetro 8+000 al 9+000 se tiene 10 curvas horizontales. Las cuales se tiene 3 curvas criticas como son la curva C-37 con un

radio de 16 metros, la curva C-38 con un radio de 16 metros y la curva C-27 con un radio de 17 metros y a ellas se les puede designar como curva crítica.

Figura 29

Detección de curvas críticas tramo KM 7+000 al 8+000.

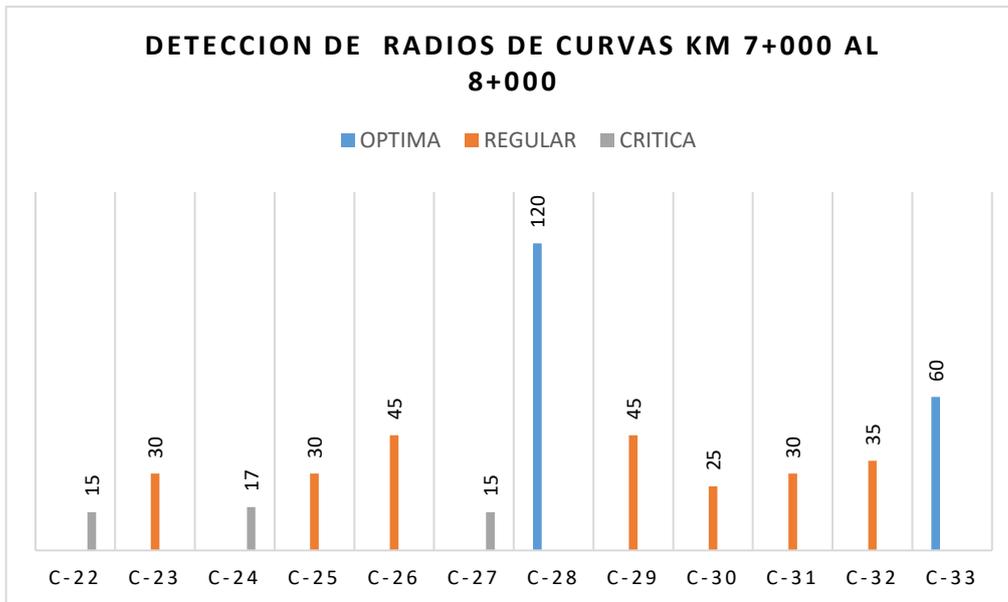
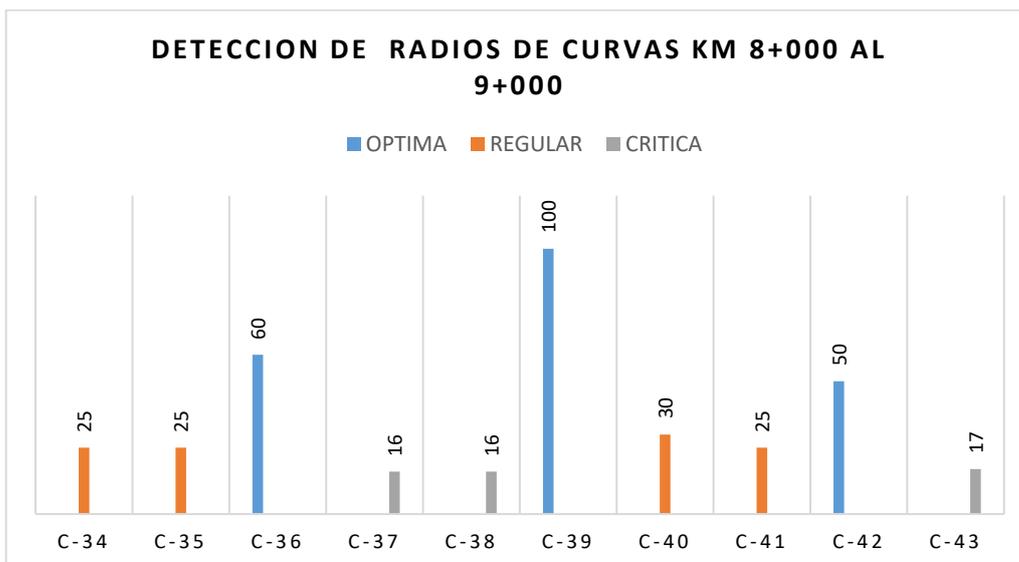


Figura 30

Detección de curvas críticas tramo KM 8+000 al 9+000.



Nota: Son las detecciones que se dio de las curvas críticas.

4.2.2 Prueba Estadística para el Segundo Objetivo.

Para llegar a este objetivo se hace una evaluación de hipótesis con ANOVA multivariado donde se comparará datos estadísticos de los sobreanchos para la seguridad vial.

Prueba para el sobreancho

Para el análisis estadístico se ha trabajado con los datos de la Tabla 35. En la cual se hace un análisis de datos obtenidos de los sobreanchos requeridos según las normativas DG-2018 y AASHTO-2011 donde se aplica rigurosamente en las curvas críticas obtenidas C-22, C-24, C-27, C-37, C-38 y C-43. Para el análisis se aplicó 3 tipos de vehículos camión C2, ómnibus B3 y semi-tráiler T3S1. Donde se tiene los siguientes datos estadístico.

Tabla 36

Datos de sobreanchos para el análisis estadístico.

N°	CURVA	SOBRE ANCHO ACTUAL		SOBRE ANCHO DG-2018		SOBREANCHO AASHTO 2011		SOBREANCHO REQUERIDA VEHICULE TRACKING		TIPO DE VEHICULO
		DE R.	IZQ.	DE R.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	
1	22	0.00	2.80	3.80	4.57	2.80	2.85	0.96	0.00	C2
2	22	0.00	2.80	6.38	7.89	2.87	2.93	1.42	0.00	B3
3	22	0.00	2.80	12.90	17.70	2.98	3.06	2.24	0.00	T3S1
4	24	0.00	2.80	3.43	2.78	2.82	2.80	0.63	0.00	C2
5	24	0.00	2.80	5.69	2.84	2.89	2.80	1.39	2.80	B3
6	24	0.00	2.80	11.16	2.94	2.94	3.00	1.76	0.00	T3S1
7	27	2.80	0.00	4.57	3.80	2.85	2.80	0.00	0.88	C2
8	27	2.80	0.00	7.89	6.38	2.93	2.87	0.00	1.68	B3
9	27	2.80	0.00	17.70	12.90	3.06	2.98	0.00	2.05	T3S1
10	37	0.00	2.80	3.60	4.27	2.79	2.83	0.94	0.00	C2
11	37	0.00	2.80	6.01	7.30	2.86	2.91	1.42	0.00	B3
12	37	0.00	2.80	11.95	15.57	2.96	3.03	2.17	0.00	T3S1
13	38	2.80	0.00	4.27	3.60	2.83	2.79	0.00	0.83	C2
14	38	2.80	0.00	7.30	6.01	2.91	2.86	0.00	1.44	B3
15	38	2.80	0.00	15.57	11.95	3.03	2.96	0.00	1.97	T3S1

N°	CURVA	SOBRE ANCHO ACTUAL		SOBRE ANCHO DG-2018		SOBREANCHO AASHTO 2011		SOBREANCHO REQUERIDA VEHICULO TRACKING		TIPO DE VEHICULO
		DE R.	IZQ.	DE R.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	
16	43	0.00	2.80	3.43	4.02	2.79	2.82	0.99	0.00	C2
17	43	0.00	2.80	5.69	6.81	2.84	2.89	1.41	0.00	B3
18	43	0.00	2.80	11.16	14.06	2.94	3.00	1.94	0.00	T3S1

Nota: Datos del estudio de sobreanchos requeridos para las curvas críticas recopilados para el análisis estadístico.

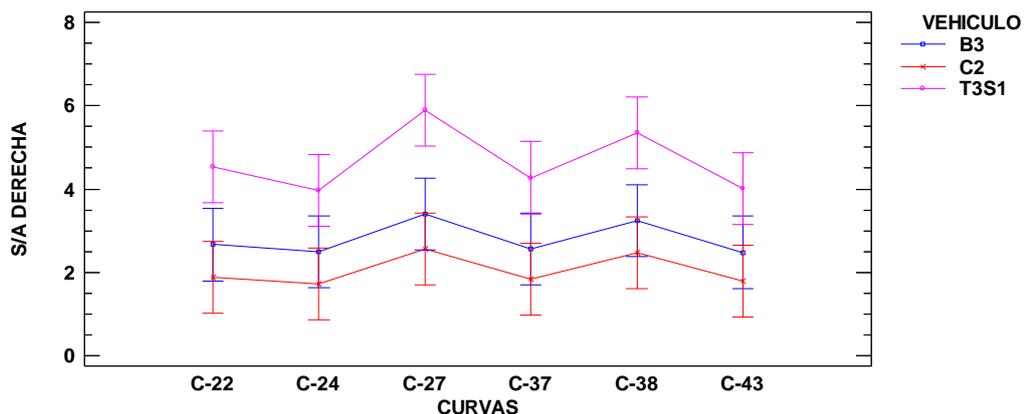
Prueba de Hipótesis específicas

Se ha de comprobar la primera hipótesis específica, en la cual se verifica el análisis de sobreanchos requeridos que permitirán mejorar la seguridad vial de dicha carretera. En la cual se aplica un análisis de varianzas donde se aplica Tukey al 95% de seguridad para los sobreanchos de las curvas.

Tukey al 95%, sobre ancho según las Curvas – Tipo de vehículos lado derecho:

Figura 31

Tukey al 95%, sobre ancho curvo, vehículos lado derecho.

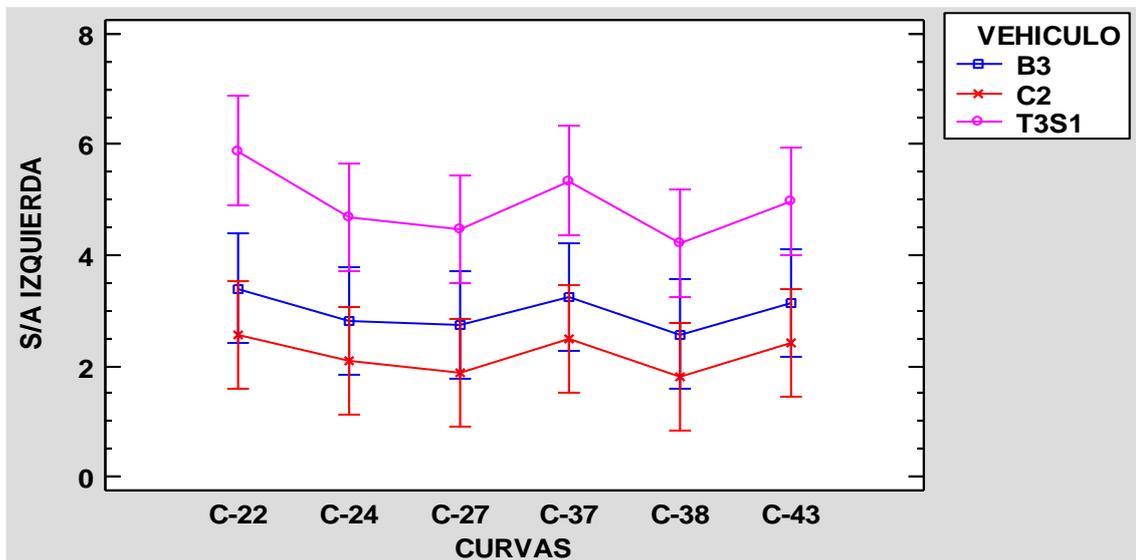


Nota: Tukey al 95%, sobre ancho según las Curvas – Tipo de vehículos lado derecho.

Tukey al 95%, sobre ancho según las Curvas – Tipo de vehículos lado izquierdo:

Figura 32

Tukey al 95%, sobre ancho Curvas vehículos lado izquierdo.



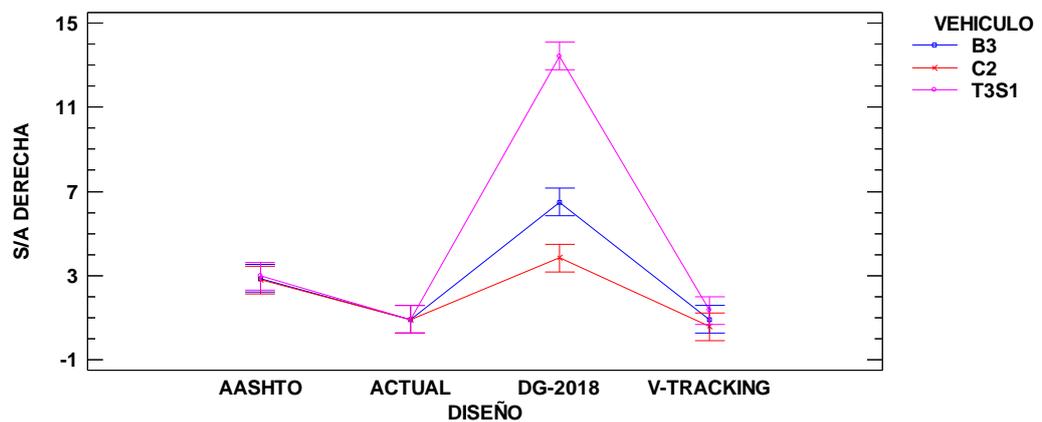
Nota: Tukey al 95%, sobre ancho según las Curvas – Tipo de vehículos lado izquierdo.

Como se puede apreciar en la Figura 31, los vehículos que van del lado derecho necesitan mayores sobreanchos son los B3, seguido de los T3S1 y con menores sobreanchos son los C2, y que se presentan estas en todas las curvas estudiadas, concluyéndose que el tipo de vehículo incluye en las dimensiones de los sobreanchos son mayores al diseño de la vía. En la figura 32 se observa que las dimensiones de los sobreanchos del lado izquierdo son dimensiones opuestas a las dimensiones del lado derecho, es decir si en la derecha es mayor en la izquierda es de menor dimensión, y si en la derecha es menor en la izquierda es mayor. Dado esta situación se mencionan que hay un sobredimensionamiento de sobreanchos por los vehículos que presentan mayor presencia de radio de giro en el lado exterior de la curva mientras en los lados internos de la curva son admisibles porque llevan sobreancho de diseño.

Tukey al 95%, sobrecancho según el diseño geométrico – Tipo de vehículos lado derecho:

Figura 33

Tukey al 95%, sobrecancho según el diseño lado derecho.

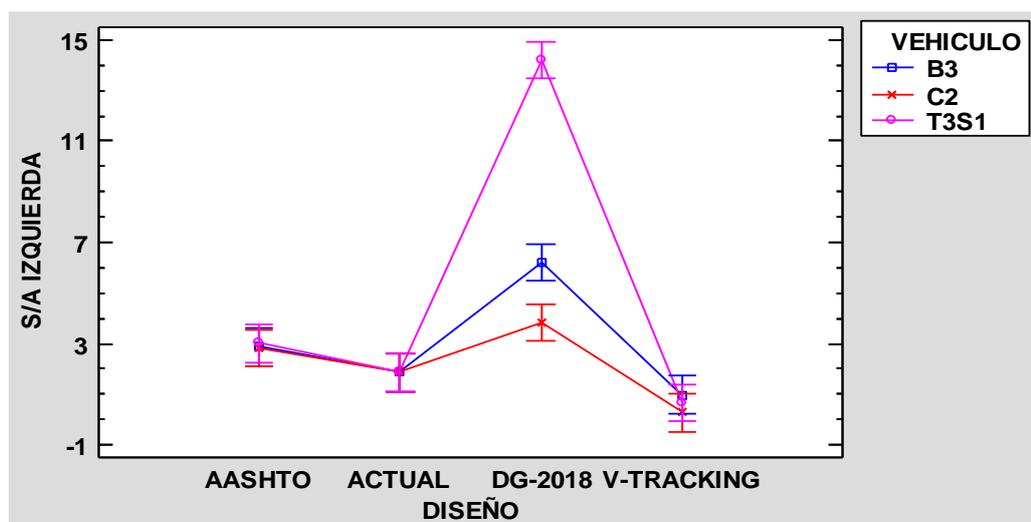


Fuente: Tukey al 95%, sobrecancho según el diseño – Tipo de vehículos lado derecho

Tukey al 95%, sobrecancho según el diseño geométrico – Tipo de vehículos lado izquierdo:

Figura 34

Tukey al 95%, sobrecancho según el diseño lado izquierdo.



Nota: Tukey al 95%, sobrecancho según el diseño – Tipo de vehículos lado izquierdo.



En la Figura 33 y 34, se observa que los sobreeanchos presentes actualmente al lado exterior no presenta sobreeancho de vehículos y el lado interno de curva presentan valores uniformes que van desde 0 y 2.80 metros, seguido del diseño AASHTO que van desde 0.00 m a 3.06 estos calculados mediante la fórmula de sobreeanchos, y los valores obtenido DG-2018 son de 0.00 a 17.7, esta representación está calculado con la fórmula que nos brinda la normativa y que se tiene relación con la velocidad de diseño que en este caso fue de 30 km/h y por último se tiene de VEHICLE TRACKING con valores de 0 a 2.24 estos también son influidos por la velocidad de diseño que para este caso fue de 5.00 km/h.

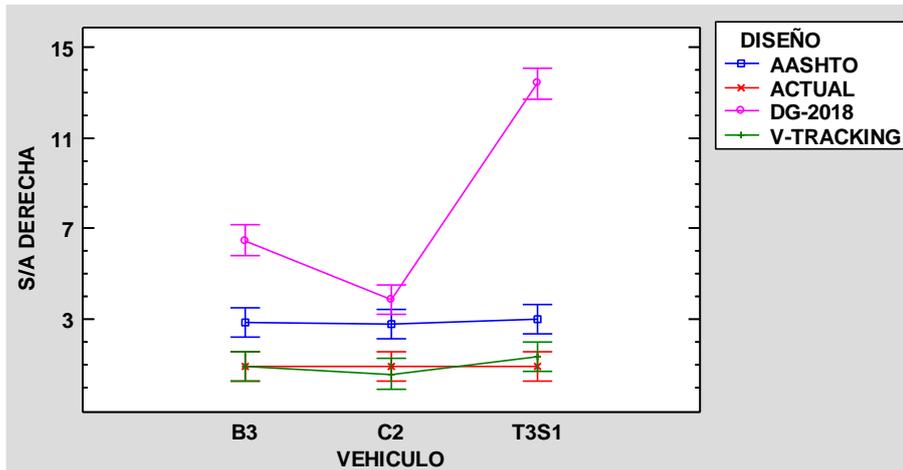
Igualmente, en los gráficos se puede apreciar que el diseño por la DG-2018 presenta mayores dimensiones de sobreeancho que está influenciado directamente por la velocidad de diseño y por el tipo de vehículo, y estas dimensiones superan a las mínimas recomendadas que se tiene por el VEHICLE TRACKING para que la vía se mantenga segura se recurre la velocidad de manejo o mínimo y este si brinda la seguridad. Sin embargo, las dimensiones actuales de la vía se encuentran fuera de las dimensiones mínimas de sobreeancho para el recorrido del lado exterior de una curva y se puede decir que se tiene que tener sobreeancho de vehículos de giro, al igual que el diseño AASHTO presenta estas influencia de forma efectiva, por lo que se puede decir que el diseño AASHTO te da condiciones de buen diseño respecto a las condiciones actuales de la vía que no tienen sobreeanchos mínimos de seguridad de la vía para la circulación de vehículos mayores como T3S1.

Tukey al 95%, sobreaño según el diseño de vehículo – Tipo de vehículos lado

derecho:

Figura 35

Tukey al 95%, sobreaño según el diseño derecha.



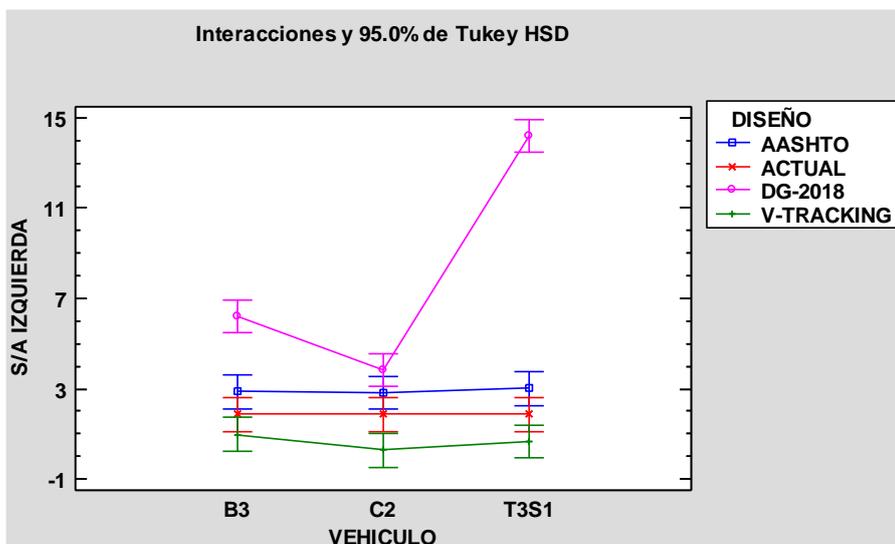
Fuente: Tukey al 95%, sobreaño según el diseño – Tipo de vehículos lado derecho.

Tukey al 95%, sobreaño según el diseño vehículo – Tipo de vehículos lado

izquierdo:

Figura 36

Tukey al 95%, sobreaño según el diseño izquierda.



Nota: Tukey al 95%, sobreaño según el diseño – Tipo de vehículos lado izquierdo.



La figura 35 y 36 muestra que el diseño ACTUAL de los sobreanchos tiene más semejanza a las recomendaciones de VEHICLE TRACKING para que la vía tenga un comportamiento seguro esto debido a que se adaptó a los vehículos de la simulación con velocidades mínimas de circulación, seguido por el diseño por el AASHTO que en su cálculo de parámetros son empleados para la circulación de sobreanchos de vehículos, y el diseño que presenta un sobre dimensionamiento es el DG-2018.

Para poder determinar si esta semejante está dentro de un rango aceptable estadísticamente se hará un análisis ANOVA Multivariable. En la cual el análisis de varianzas para los sobreanchos.

Análisis de Varianza para Sobreancho lado DERECHA:

Tabla 37

Análisis de varianza por sobreancho lado derecho.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: DISEÑO	584.931	3	194.977	476.43	0.0000
B: CURVAS	16.0697	5	3.21394	7.85	0.0001
C: VEHICULO	87.3349	2	43.6675	106.70	0.0000
INTERACCIONES					
AB	51.037	15	3.40246	8.31	0.0000
AC	206.736	6	34.456	84.19	0.0000
BC	2.22858	10	0.222858	0.54	0.8444
RESIDUOS	12.2773	30	0.409242		
TOTAL (CORREGIDO)	960.615	71			

Nota: Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Análisis de Varianza para Sobreechancho lado IZQUIERDO:**Tabla 38***Análisis de varianza para el sobreechancho lado izquierdo.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: DISEÑO	576.961	3	192.32	366.73	0.0000
B: CURVAS	10.2787	5	2.05573	3.92	0.0075
C: VEHICULO	94.9027	2	47.4513	90.48	0.0000
INTERACCIONES					
AB	57.4691	15	3.83127	7.31	0.0000
AC	259.399	6	43.2332	82.44	0.0000
BC	1.37432	10	0.137432	0.26	0.9850
RESIDUOS	15.7327	30	0.524424		
TOTAL (CORREGIDO)	1016.12	71			

Nota: Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

La tabla 37 y 38 del Análisis de Varianza (ANOVA) multivariado descompone la variabilidad de sobreechancho para el lado DERECHA en contribuciones debidas a varios factores. “Los *valores-P* prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 5 *valores-P* son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo en el SOBREECHANCHO DE LA DERECHA con un 95.0% de nivel de confianza”, es decir que el diseño de los sobreechanchos está influenciado por el diseño escogido, por las curvas, y los tipos de vehículos, y las que más interactúan para el diseño de los sobreechanchos son el DISEÑO-VEHÍCULO seguido de DISEÑO-CURVA.

Para poder determinar cuál es el diseño más apropiado para una condición mínima de seguridad se realizará la prueba de TUKEY.

Método Tukey, sobreancho lado derecho por diseño:**Tabla 39***Método tukey, sobreancho lado derecho por diseño.*

DISEÑO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
ACTUAL	18	0.933333	0.150784	X
V-TRACKING	18	0.959444	0.150784	X
AASHTO	18	2.89389	0.150784	X
DG-2018	18	7.91667	0.150784	X

Nota: Índice de diferencia significativa TUKEY lado derecho**Tabla 40***Índice de diferencia significativa TUKEY lado derecho*

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
AASHTO - ACTUAL	*	1.96056	0.579927
AASHTO - DG-2018	*	-5.02278	0.579927
AASHTO - V-TRACKING	*	1.93444	0.579927
ACTUAL - DG-2018	*	-6.98333	0.579927
ACTUAL - V-TRACKING		-0.0261111	0.579927
DG-2018 - V-TRACKING	*	6.95722	0.579927

Nota: * indica una diferencia significativa.

La tabla 39 y 40 presenta que los sobreanchos existentes actuales en la vía son semejantes con una diferencia mínima al -2.60%, y que se puede concluir que cumplen con los criterios mínimos recomendados por el V-TRACKING, seguida por la norma AASHTO con una diferencia de 193%, y por la DG-2018 con 696% de diferencia.

Método Tukey, sobreancho lado izquierdo por diseño:**Tabla 41***Método Tukey, sobreancho lado izquierdo por diseño.*

DISEÑO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
V-TRACKING	18	0.647222	0.170689	X
ACTUAL	18	1.86667	0.170689	X
AASHTO	18	2.89889	0.170689	X
DG-2018	18	8.07722	0.170689	X

Nota: Índice de diferencia significativa TUKEY lado izquierdo

Tabla 42*Índice de diferencia significativa TUKEY lado izquierdo*

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
AASHTO - ACTUAL	*	1.03222	0.656484
AASHTO - DG-2018	*	-5.17833	0.656484
AASHTO - V-TRACKING	*	2.25167	0.656484
ACTUAL - DG-2018	*	-6.21056	0.656484
ACTUAL - V-TRACKING	*	1.21944	0.656484
DG-2018 - V-TRACKING	*	7.43	0.656484

Nota: * indica una diferencia significativa.

Sin embargo, en la tabla 41 y 42 los sobreaños son diferentes a los del diseño mínimo de seguridad por V-TRACKING, acercándose a esta el diseño actual y los sobreaños presentes actualmente en la vía con diferencias de 103.22% 121.94% y 743.00% al diseño actual, AASTHO, DG-2018 respectivamente.

Se puede concluir que actualmente la vía cuenta con sobreaños que garantizan una seguridad para los vehículos del tipo C2 y B3 cuando la velocidad de diseño es mínima y para T3S1 se tiene que hacer señales o a lo mejor restringir el ingreso y el diseño que garantiza una buena condición de seguridad es por el método del AASHTO.

4.2.3 Prueba Estadística para Tercer Objetivo

Para satisfacer al tercer objetivo de la investigación no se usó algún diseño para la prueba estadística, se tomó criterios del investigador y se analizó mediante gráficos de comparación y barras.

Se hace un estudio de factores de seguridad en donde la normativa peruana nos establece parámetros de diseño según DG-2018 así como AASHTO-2011 estos se evalúan con respecto a la normativa actual de la vía

Tabla 43*Características alfanuméricas de comparación y verificación.*

Parámetros	Características Alfanuméricas			Verificación
	DG-2018	AASHTO-2011	Actual	
Condición orográfica	Tipo 3,4	Montañoso	Tipo 3	X
Volumen de tráfico	386 veh/d	386 veh/di	295 v/d	X
Velocidad directriz	30 km/h	30 km/h	30 km/h	✓
Numero de vía	1	1	1	✓
Ancho de calzada	6.00 m	6.00 m	6.00 m	✓
Ancho de berma	0.50 m	0.50 m	0.50 m	✓
Ancho de plataforma	7.00 m	7.00 m	7.00 m	✓
Radio mínimo de curva circular	25.00 m	25.00 m	15.00 m	X
Radio mínimo de curva de volteo	15.00 m	15.00 m	10.00 m	X
Pendiente máximo Long.	11.00 %	11.00 %	15.00 %	X
Pendiente mínimo	0.50 %	0.50 %	0.50 %	✓
Bombeo de calzada	2.00 %	2.00 %	2.00 %	✓
Constante K de curva vertical	1.9 conv 6.6 conc	1.9 conv 6.6 conc	1.9 conv 6.6 conc	✓
Peralte máximo	8.00 %	8.00 %	8.00 %	X
Sobrecanchos	DG-18	AASHTO	DG-14	X
Talud de relleno $H \leq 3$ m	1V:1.5H	1V:1.5H	1V:1.5H	✓
Talud de relleno $H \geq 3$ m	1V:2H	1V:2H	1V:2H	✓
Talud de corte	SEGUN	SEGUN	SEGUN	✓

Nota: Es la representación de los parámetros y evaluación de cuales son similares o iguales ya que las normas datan que son en el mismo país en distintos tiempos.

4.3 RESULTADO PARA LOS OBJETIVOS

4.3.1 Resultados del primer objetivo específico

Aplicando la simulación del VEHICLE TRACKING en la vía se detectó que para los vehículos como el camión C2, ómnibus B3 y semi-tráiler T3S1 aun recurrente detección de curvas críticas en la que el desplazamiento es truncado y se vio que hay invasiones de trayectoria en los sobrecanchos de los vehículos y la cual se identificó las curvas de riesgo o críticos las cuales son las curvas C-22, C-24, C-27, C-37, C-38 y C-43. Estas se identificaron en el tramo KM 7+000 al 9+000.



4.3.2 Resultado del segundo objetivo específico

Las condiciones de seguridad requeridas bajo el enfoque de los sobreeanchos requeridos según el Vehicle Tracking datan para las curvas externas los vehículos C2, B3 y T3S1 son vulnerables a invadir la parte interna de la curva y estas conjugadamente piden sobreeanchos en las curvas críticas para que su desarrollo sea armónico con una sola velocidad. Según el diseño geométrico los sobreeanchos que se tiene solo se consideraron en la parte interna teniendo datos de 2.80 m de sobreeancho, pero no se consideraron sobreeanchos para el lado externo. Para el diseño geométrico del AASHTO van los sobreeanchos desde el 2.79 hasta 3.06 para el vehículo de diseño WB-19 que es igual a un T3S1 según la norma peruana. También tenemos para el DG-18 valores de sobreeanchos desde 0.63 hasta 0.99 para vehículos C2 se tiene también para vehículos B3 sobreeanchos desde 1.41 hasta 1.68 y para vehículos T3S1 se tiene sobreeanchos requeridos externos de 1.76 hasta 2.05 para un buen tránsito.

4.3.3 Resultados del tercer objetivo específico

Para llegar a este objetivo calculamos los parámetros requeridos con las dos normas que es DG-2018 y AASHTO-2011 en el cual se asemejan mucho en los parámetros como: condición orográfica, velocidad de diseño, numero de vías, ancho de calzada, ancho de berma, ancho de plataforma, radio mínimo, pendiente máximo, pendiente mínima, bombeo de calzada, corte de talud y relleno de talud. Pero hay una diferencia en los sobreeanchos de cálculo entre el DG-2018 y el AASHTO-2011 en la cual se determina que es mejor trabajar con la normativa AASHTO-2011 para que esta vía sea segura.

Tabla 44*Diferencia de características geométricas.*

Parámetros	Características geométricas			Verificación
	DG-2018	AASHTO-2011	Actual	
Condición orográfica	Tipo 3,4	Montañoso	Tipo 3	DG-2018
Volumen de tráfico	386 veh/d	386 veh/di	295 v/d	DG-2018
Velocidad directriz	30 km/h	30 km/h	30 km/h	DG-2018
Numero de vía	1	1	1	DG-2018
Ancho de calzada	6.00 m	6.00 m	6.00 m	DG-2018
Ancho de berma	0.50 m	0.50 m	0.50 m	DG-2018
Ancho de plataforma	7.00 m	7.00 m	7.00 m	DG-2018
Radio mínimo de curva circular	25.00 m	25.00 m	15.00 m	DG-2018
Radio mínimo de curva de volteo	15.00 m	15.00 m	10.00 m	DG-2018
Pendiente máximo Long.	11.00 %	11.00 %	15.00 %	DG-2018
Pendiente mínimo	0.50 %	0.50 %	0.50 %	DG-2018
Bombeo de calzada	2.00 %	2.00 %	2.00 %	DG-2018
Constante K de curva vertical	1.9 conv 6.6 conc	1.9 conv 6.6 conc	1.9 conv 6.6 conc	DG-2018
Peralte máximo	8.00 %	8.00 %	8.00 %	DG-2018
Sobreanchos	DG-18	AASHTO	DG-14	ASSHTO
Talud de relleno $H \leq 3$ m	1V:1.5H	1V:1.5H	1V:1.5H	DG-2018
Talud de relleno $H \geq 3$ m	1V:2H	1V:2H	1V:2H	DG-2018
Talud de corte	SEGUN	SEGUN	SEGUN	DG-2018

4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.4.1 Discusiones del primer objetivo específico

Según las pruebas realizadas EXISTE la variabilidad de resultados con respecto los sobreanchos requeridos y los puntos críticos son la curvas C-22, C-24, C-27, C-37, C-38 y C-43 donde estas curvas son defectuosas dado que en los planos actuales intervenidos con el simulador VEHICLE TRACKING en donde se simulo con vehículos camión C-2, ómnibus B-3 y semi-trailer T3S1, en donde cada uno de estos vehículos al tomar la curva externa tienden a invadir la vía interna de la curva y esto nos manifiesta de que esta vía no es tan segura y en cuanto se toma la curva interna se tiene muchos problemas con el vehículo semi-trailer T3S1, que invade el carril exterior y por ende estas

curvas no son factibles para un vehículo de tipo semi-trailer y no son seguros para un a transpirabilidad adecuada en cuando se tiene que intervenir con señalización vial y así poder transitar de forma segura siempre con precauciones.

4.4.2 Discusiones del segundo objetivo específico

Tabla 45

Comparación de estudios según autores.

SEGÚN	RADIO DE GIRO	SOBREANCHO	DESCRIPCIÓN
Garzón A., & Moreno J., (2022)	< a 20	Según AASHTO	Para cada una de los parámetros de diseño se dé la curva deben ser igual o mayor al radio mínimo. El sobreancho de mejor adherencia es el AASHTO.
Breña, F. (2015)	< a 25		Para su mejor diseño y simulación de giros de radio y sobreanchos deben ser tomados el mínimo de parámetros que la norma DG-14 nos manifiesta.

Nota: es la diferencia de discusiones y resultados obtenidos en los estudios realizados del mismo tema.

Según Garzón A., & Moreno J., (2022) Al realizar la simulación de giros usando el VEHICLE TRACKING para cada parámetro de diseño (velocidad, radio y delta de curva) obtuvo información mediante las tabulaciones y análisis de gráficos de simulación y concluye que el radio de diseño de la curva debe usarse igual o mayor a la de mínimo exigido por los manuales (INVIAS 2008 y AASHTO-2011) debido a que se evidencio comportamientos irregulares y emisivamente elevados con valores de radios inferiores al mínimo. Dentro de este análisis se identificó que existe relación directa proporcional entre el delta de curva y el sobreancho debido a que entre mayor el Angulo de deflexión de la curva su sobreancho aumenta.



Según Breña, F. (2015) Obtuvo en su trabajo unas observaciones en el diseño que el vehículo de diseño se sale del carril por utilizar radios menores al mínimo en donde, “tomó los sobreamchos y radios mínimos errados que configuraban en el expediente técnico del proyecto así noto que le vehículo no podía tener condiciones de seguridad para desenvolverse adecuadamente en el desarrollo de la curva de menor radio. Lo que se debió hacer es utilizar la fórmula de sobreamcho para cada vehículo”. El Vehicle Tracking al simular los giros para verificar los radios y sobreamchos son de gran ayuda puesto que también se puede diseñar vehículos de simulación. El Vehicle Tracking así mismo optimiza que un proyecto sea un diseño adecuado antes de ser ejecutado y ver las posibles soluciones antes de presentarse problemas.

4.4.3 Discusiones del tercer objetivo específico

Al determinar los nuevos parámetros según la normativa DG-2018 y AASHTO-2011 se tiene que el IMDa aumento drásticamente por que la afluencia de usar vías alternas se adiciono y en por ello que se dé tiene cambios en la actualidad las diferencias en otros parámetros solo se dan en los radios mínimos utilizados en el trazado del eje vial y en el cual se presenta problemas en solo 6 puntos críticos que se usaron radios menores al mínimo requerido según la norma DG-2018.



V. CONCLUSIONES

Se evaluó el diseño geométrico de la vía con la aplicación del software VEHICLE TRACKING del AutoCAD civil 3D mediante la simulación de las trayectorias con 3 tipos de vehículos (camión C2, ómnibus B3 y semi-tráiler T3S1) con una velocidad de diseño de 30 km/h, el vehículo se sale de la vía, donde existe radios menores al mínimo que estable la normativa DG-2018 y la AASHTO-2011, se analiza los sobrecanchos y radios mínimos lo cual mejora la simulación.

Para establecer los puntos críticos en la simulación con el VEHICLE TRACKING del software AutoCAD CIVIL 3D, del diseño geométrico de la carretera MO-518 tramo los Ángeles-Yacango, en los KM 7+000 al 9+000, donde se observó que se tiene 6 curvas críticas que son (C-22, C-24, C-27, C-37, C-38 y C-43) que se pudo detectar que tiene radios mínimos menores al reglamento, necesitamos un sobrecancho mayor requerido por cada tipo de vehículo (Camión C2, Ómnibus B3, Semitrailer T3S1) según VEHICLE TRACKING, cada uno requiere distintos sobrecanchos y esto influye mucho en el diseño para los giros vehiculares.

Al realizar la simulación del recorrido se pudo analizar que las condiciones de seguridad se sujetan al sobrecancho requerido para los giros vehiculares. es por ello que existe diferencias significancias semejantes con una diferencia mínima al -2.60% y que se puede concluir que cumplen con los criterios mínimos recomendados por el Vehicle Tracking, seguida por la norma AASHTO-2011 con una diferencia de 193% y por la DG-2018 con 696% de diferencia. Así mismo los sobrecanchos son diferentes a los diseños mininos de seguridad por lo que Vehicle Tracking, se acerca en un 103.22% entre el diseño actual y el AASHTO-2011 y en un 621.05% entre el diseño actual y el DG-2018 respectivamente. Se concluye que actualmente se cuenta con sobrecanchos que no



garantizan la seguridad para los vehículos del tipo C2, B3 y T3S1 y que el diseño que garantiza una buena condición mínima de seguridad es por el método del AASHTO-2011.

Con la aplicabilidad del Vehicle Tracking se determinó que la vía no es tan segura y con ello se hizo los cálculos de los nuevos parámetros según la norma DG-2018 y AASHTO-2011 en el cual se ha obtenido los parámetro enfocándose en el sobreebanco y el peralte de las curvas críticas en donde se manifestó de que las curvas deben ser replanteados y por ende se tiene que asegurar cuál de las normas era el más eficiente dado que mantenían distintos datos, entre el DG-2018 y AASHTO-2011 y por ello varia respecto al DG-2018, el cálculo de sobreebanco con vehículos, se vio más óptimo con el dato que nos brinda de fórmulas matemáticas adecuadas para el sobreebanco del vehículo en el AASHTO-2011.



VI. RECOMENDACIONES

Con el resultado logrado del análisis de seguridad de una vía con el software AutoCAD CIVIL 3D “VEHICLE TRACKING” se recomienda antes de implementar o ejecutar una infraestructura vial así mismo interpretar bien las normas DG-2018 y AASHTO-2011 de la misma manera realizar los diseños en los planos para que estas no sean deficientes, así como carentes de información y de seguridad vial. La simulación es una base muy importante dado que nos debemos proyectar que cuando una carretera va ser ejecutada no sabemos qué clase de vehículos transitaran y ante ello se debe construir carreteras eficientes y de capacidades máximas con vehículos que transitan en nuestras vías, porque con el alcance de la tecnología se fabrica nuevos vehículos de carga ancha y transporte de carga pesada.

Se recomienda el uso de este software VEHICLE TRACKING para el diseño de carreteras y que mejoraríamos los estados situacionales de nuestras vías o carreteras terrestres. Puesto que nuestro país tiene una topografía accidentada y este software se hace necesario para validar los trazos y diseño geométrico de carreteras para los giros vehiculares de las curvas en desarrollo, así como también podemos mejorar y evitar accidentes por temas de conducción de vehículos.

El software VEHICLE TRACKING del AutoCAD CIVIL 3D es una herramienta muy recomendable para la aplicación y análisis de seguridad vial o de tránsito vehicular para carreteras de tercera clase en adelante mas no es tan necesario para la aplicación de trochas carrózales puesto que este tipo de vías tiene radios mínimos y menores al requerido por la normativa DG-2018, así mismo realizar las simulaciones con vehículos reales para poder comprobar la simulación y comportamiento de movimientos de un vehículo.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO, geometric design of highways and streets., 2011.

AASHTO. (2011). *Libro Verde AASHTO 2011 política sobre el diseño geométrico de caminos y calles*. <http://ingenieriadeseguridadvial.blogspot.com.ar/>

Aguilera, F. (2010). *El software AUTOCAD y su incidencia en el aprendizaje de Dibujo Técnico en el Primer Año de Bachillerato del Colegio Diocesano "San Pío X" de la ciudad de Ambato*.

Alvarado w., Martínez l. (2017) *Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera Chancos – Vicos – Wiash según criterios de seguridad y economía*.

Autodesk, I. (2015). *User´s Guide AutoCAD Civil 3D 2015*. USA.

AUTODESK, I. (2015). *User´s Guide Autodesk Vehicle Tracking 2015*. USA.

Ballut, G., Álvarez, R., & Roza Gerardo. (2009). *Diagnóstico sobre utilización del AUTOCAD® como software de apoyo en las áreas básica y aplicada de ingeniería civil en unisucra*. www.acofi.edu.com

Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación (segunda ed.)*. México D.F.: Pearson.

Breña, F., (2015) *universidad Ricardo palma facultad de ingeniería escuela profesional de ingeniería civil evaluación de giros de vehículos utilizando el software vehicle tracking sobre AutoCAD civil 3d tesis para optar el título profesional de ingeniera civil*.

Felipe, E. (2014). *Análisis de consistencia de trazado en caminos de montañas en la república de Guatemala*. Guatemala. <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUSAC5047>

Cartagena E., (2022). *Comparación de velocidad de diseño y velocidad operacional de vehículos, en las curvas horizontales de la carretera Puno – Moquegua*. http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18438/Cartagena_Quispe_Edith.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Céspedes, j. m. (2001). *Carretera diseños modernos*. Cajamarca: *Limusa*.



- Cárdenas, j. (2002). *Diseño geométrico de carreteras*. Cali: *eco ediciones*.
<https://editorialmacro.com/wp-content/uploads/2021/02/9786123042769.pdf>
- DG. (2018). *Dirección General De Caminos Y Ferrocarriles - manual de carreteras diseño geométrico DG-2018* [R.D. N° 028 de 2014]. Enero de 2018.
- Gamarra r., Rosas e., (2020) *propuesta de diseños para mejoramiento, vía Moquegua – Arequipa, tramo km 95+000 al 98+000 distrito de Omate del departamento de Moquegua – 2020*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50306>
- Garzón a., Moreno j., (2022) *simulaciones en el software AutoCAD civil 3d -vehicle tracking. Análisis comparativo de sobreanchos en la curva para vehículo rígido bus 14 – interurbano con los manuales aashto-2011 e invias 2008*. Bogotá-Colombia. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/1994>
- Gómez g., Quispe j., (2017), *Evaluación de la seguridad vial – nominal de la carretera Enaco – Abra Ccorao de acuerdo a la consistencia del diseño geométrico*. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/992>
- Laurina r., (2009). *Evaluación de la seguridad vial a partir de la consistencia del trazado de la carretera. Santa Clara*.
<https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/5089?show=full>
- Ministerio de transportes y comunicaciones (2018). *Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018*. Lima.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Ministerio de transportes y comunicaciones (2008). *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima.
<http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumentransito.pdf>
- Ministerio de transportes y comunicaciones (2017). *Manual de seguridad vial SV – 2017*. Lima.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_2%20SV-2017.pdf



- Reinoso, v. (2013). *Análisis de las características geométricas de la ruta PE-16a en el departamento de Lambayeque con propuesta de solución al empalme E-1N en el área metropolitana de Chiclayo.* Lima. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/662>
- Román w., Saldaña a., (2018). *Propuesta de parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la norma DG-2018 a fin de optimizar costos.* https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/6034/ICI_2304.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Supo, J. (2012). Seminarios de investigación Científica. *Análisis de Datos Clínicos y Epidemiológicos.* <https://doi.org/http://red.unal.edu.com>
- Vega, D., & González, B. (2020). *Guía para el modelo BIM del viario urbano y estudio de tráfico. interoperabilidad CIVIL 3D y autodesk Vehicle Tracking.* <https://idus.us.es/handle/11441/105168>
- Yañez, M., Cabezas, F., & Morato, M. (2019). *Aplicación del Software AutoCAD Civil 3D al diseño de un vertedero de residuos inertes en A Rúa.*
- ZÚÑIGA, I. X. (enero 2015). *Manual del Curso Diseño Geométrico de Vías con (DG-2013) y AutoCAD Civil 3D.* Lima.



ANEXOS

- Plano clave de estudio
- Plano de planta perfil – del proyecto KM 7+000 al 8+000.
- Plano de planta perfil – del proyecto KM 8+000 al 9+000.
- Videos de la simulación VEHICLE TRACKING

<https://drive.google.com/drive/folders/1nJgzfcUdJUmtB98afHqS2jYcJ35lhi1X?usp=s>

haring



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNA-PUNO
ESCUELA PROFESIONAL DE DE ING. TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



FORMATO N°

SEÑOR SUB DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA
PROFESIONAL INGENIERIA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA UNA - PUNO:

En mérito a la evaluación y dictamen del borrador de tesis, titulado **EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA MO-518 TRAMO LOS ANGELES – YACANGO, MOQUEGUA, CON LA APLICACIÓN DEL VEHICLE TRACKING DE AUTOCAD CIVIL 3D**, con código **PILAR N° 2022-269** presentado por el bachiller **JHON ALEX MAQUERA MAQUERA**, el jurado revisor lo declara:

APTO (X)

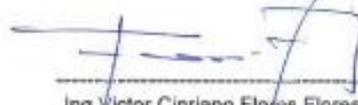
Por tanto, esta expedito para la sustentación no presencial y defensa de la tesis. Determinando que dicho acto académico se lleve a cabo el día **14 de julio del 2023** a las 11:00 horas. Por lo que solicitamos a usted, se efectuó los tramites y la publicación correspondiente para la realización de acuerdo a lo reglamentado.

En Puno (C.U.), a los 03 días del mes de Julio del 2023


M. Sc. Alberto Ramos-Vilca
Presidente


Dr. Jorge Luis Aroste Villa
Primer miembro


Dr. Fausto Alan Lazarte Velarde
Segundo miembro


Ing Victor Cipriano Flores Flores
Director o asesor de Tesis


Jhon Alex Maquera Maquera
Tesisista

PROVEÍDO DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Considerando que la evaluación y dictamen del borrador de tesis por el jurado revisor se declaro como apto:

Esta Sub-Dirección autoriza el tramite y la publicación de la exposicion y defensa de la tesis; de acuerdo a la fecha y hora determinada por los jurados, con las respectivas medidas de bioseguridad para dicho acto. A la misma, los documentos que se presentan para su publicación en el Repositorio Institucional son veraces y auténticos del autor (e)

Puno C.U. 07 de Julio del 2023


M. Sc. Luis Alberto Mamani Huanca
Sub-Director de la Unidad de Investigación-EPITA



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Jhon Alex Maquera Maquera,
identificado con DNI 70979268 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Topográfica y Agrimensura

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Evaluación del Diseño Geométrico de la Carretera MO-518
Tramo Los Angeles - Yarango, Moquegua, Con la Aplicación del
Vehicle Tracking de AutoCAD Civil 3D "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 07 de Julio del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Jhon Alex Maquera Maquera,
identificado con DNI 70974268 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Topográfica y Agrimensura,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Evaluación Del Diseño Geométrico de la Carretera MO-518
Tramo Los Angeles - Yacango, Moquegua con la Aplicación Del
Vehicle Tracking De Autocad Civil 3D"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 07 de Julio del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella