

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS QUE CONTROLAN EL DISEÑO DE UNA CURVA COMO ELEMENTO DE ENLACE DE ALINEAMIENTOS VERTICALES DIFERENTES EN LA CARRETERA To-019, EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA URBANIZACIÓN EL PERÚ Y LA INTERSECCIÓN DE LAS BRISAS, EN CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR.

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES GUERRERO M.,
JOSÉ I. Y MARTÍNEZ M., MARÍA
C. PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL.**

CIUDAD BOLÍVAR, SEPTIEMBRE DE 2021

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado “ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS QUE CONTROLAN EL DISEÑO DE UNA CURVA COMO ELEMENTO DE ENLACE DE ALINEAMIENTOS VERTICALES DIFERENTES EN LA CARRETERA To-019, EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA URBANIZACIÓN EL PERÚ Y LA INTERSECCIÓN DE LAS BRISAS, EN CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR”, presentado por los bachilleres JOSÉ ISMAEL GUERRERO MORALES y MARÍA CAMILA MARTÍNEZ M., ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Profesor Rogelio Pérez

(Asesor Académico)

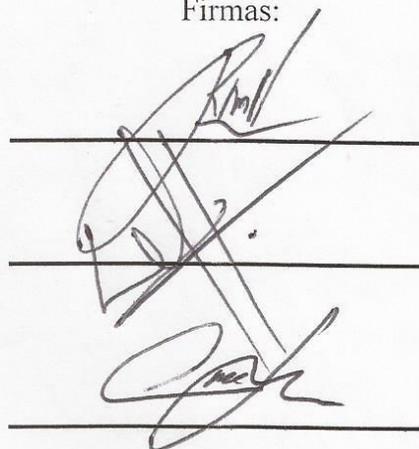
Profesor Orlando Guevara

(Jurado)

Profesor Carlos Grus

(Jurado)

Firmas:

Three handwritten signatures are present on three horizontal lines. The top signature is a cursive 'R. Pérez', the middle one is 'O. Guevara', and the bottom one is 'C. Grus'.


Profesor
Jefe Departamento Ingeniería Civil

Ciudad Bolívar, septiembre del 2021

DEDICATORIA

Quiero dedicar este gran logro a Dios, por guiar mis pasos en todo momento y permitirme lograr un sueño y una meta más.

A mis padres, mis abuelos, mis tías, mis hermanos y demás miembros de mi familia, a mis amigos y a todas aquellas personas que de alguna forma u otra estuvieron presente en el camino recorrido y me brindaron su apoyo.

José Ismael Guerrero Morales

DEDICATORIA:

Esta tesis está dedicada a toda mi familia, especialmente a mis padres Diana Martínez y Derwing Marín Bastardo por todo el amor, oraciones, consejos y palabras de aliento que me brindaron los cuales han hecho de mi una mejor persona, gracias porque de una forma u otra me acompañaran en todos mis sueños y metas.

Mis compañeras que ya son familia Beatriz Caña, Juliza Cermeño y Rosa Marcano por todo el inmenso cariño y apoyo brindado, a Daniela P. Bruces, Rony montilla y Sergio Jiménez por todo su paciencia y cariño en los momentos más difíciles, mil gracias las tengo en mi corazón.

Finalmente, y no menos importante dedico esta tesis a las familias Caña Rodríguez y Montilla por sus palabras de aliento y apoyo durante todo este proceso mil gracias.

María Camila Martínez Martínez

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios por permitirme seguir con vida y poder llegar hasta aquí a pesar de tantas dificultades y contratiempos.

A mi abuela Maritza que siempre me alentó a seguir adelante y no desistir.

A mi abuelo Morales que con su gran intelecto me brindó su ayuda en todo momento.

A mi mamá que a pesar de la distancia, siempre estuvo presente y pendiente de mí, motivándome a lograr el objetivo.

A mis tías Ysmarit y Rosario, que son mis segundas madres, por apoyarme, cuidar de mí y brindarme todo su cariño.

A mi hermana Emilmar que es uno de mis motores para seguir adelante y superarme cada día.

A mis amigos de la universidad que estuvieron para ayudarme en lo que necesitara y alertarme si en algún momento pensaba desistir.

A mi compañera de tesis, María Calila, por permitirme compartir esta meta juntos.

A todos ellos, mil gracias.

José Ismael Guerrero Morales

AGRADECIMIENTO:

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, a mi tutor Ing. Rogelio Pérez, quien con sus conocimientos y apoyo me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto.

También quiero agradecer a la Universidad de Oriente por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo mi carrera universitaria.

Por último, quiero agradecer a mi compañero de tesis, mis amigos y a mi familia, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían. En especial, quiero hacer mención de mis padres, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

María Camila Martinez Martínez

RESUMEN

El propósito del presente trabajo de grado presentado a la Universidad de Oriente consiste en analizar las curvas como elementos de enlace de alineamientos verticales para determinar los parámetros que controlan su diseño, dentro de un proyecto vial, para el cual se consideró la vialidad existente To-019 en el tramo comprendido entre el Distribuidor “Las Brisas” y la Urbanización el Perú, en Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco del Estado Bolívar, basado en las normas Venezolanas Norvial (MTC 1985) sobre “Proyecto de Carreteras” y las normas AASHTO (2001) “A Policy on Geometric Design of Highways and streets. En cuanto a su metodología es del tipo descriptiva y de diseño documental y de campo. De tal manera que se realizó una recopilación de datos en campo, con los cuales diagnosticamos las características geométricas de la vialidad existente, así como de trabajos y documentos previos que permitieron determinar el ancho de plataforma necesario a partir de la sección típica de la vialidad existente y el levantamiento taquimétrico del eje vial para establecer el perfil longitudinal de la vialidad en estudio. Todos estos datos fueron recabados mediante herramientas tales como cintas métricas, equipo topográfico, compuesto de teodolito y mira, cámaras fotográficas, calculadora, laptop, bibliografías. A partir de los resultados obtenidos pudimos realizar los estudios pertinentes para llegar a las conclusiones y recomendaciones que nos permitieron resaltar la importancia de este tipo de estudios en las obras de vialidad.

CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	viii
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE TABLAS.....	xiv
LISTA DE APÉNDICES	xv
LISTA DE ANEXOS.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.2.3 Justificación de la investigación	5
1.3 Alcance de la investigación	6
1.4 Limitaciones de la investigación.....	7
CAPÍTULO II	8
GENERALIDADES	8
2.1 Descripción	8
2.2 Ubicación geográfica del área de estudio	11
2.3 Acceso al área de estudio.....	14

2.4 Características físicas y naturales	16
2.4.1 Geología.....	16
2.4.2 Altitud	17
2.4.3 Temperatura	17
2.4.4 Precipitación	18
2.4.5 Vientos	19
2.4.6 Clima.....	19
2.4.6.1 Precipitación	20
2.4.6.2 Evaporación	20
2.4.6.3 Temperatura media del aire.....	20
2.4.6.4 Radiación solar media.	21
2.4.6.5 Humedad relativa media.....	21
2.4.6.6 Velocidad media del viento.	21
2.4.7 Vegetación	21
2.4.8 Hidrografía.....	23
CAPÍTULO III.....	24
MARCO TEÓRICO.....	24
3.1 Antecedentes o estudios previos	24
3.2 Bases Teóricas	25
3.2.1 Levantamiento Taquimétrico.....	26
3.2.1.1 Determinación de la distancia horizontal	27
3.2.1.2 Determinación del desnivel	28
3.2.2 Velocidad de proyecto	28
3.2.3 Ancho de plataforma.....	45
3.2.3 Normas generales para el alineamiento vertical	29
3.2.4 Distancias de visibilidad	30
3.2.4.1 Distancias de visibilidad de paso, adelantamiento o rebase.....	31

3.2.4.2 Distancias de visibilidad de frenado.....	32
3.2.5 Perfiles longitudinales.....	39
3.2.6 Trazado de perfiles.....	39
3.2.7 Curvas verticales.....	40
3.2.7.1 Diferencia algebraica de Pendientes.....	41
3.2.7.2 Factor de curva (K).....	42
3.2.8 Tipos de curva vertical.....	42
3.2.8.1 Curva vertical cóncava, en columpio o chinchorro.	42
3.2.8.2 Curva vertical convexa o cresta.....	43
3.2.8.3 Alturas de diseño para curvas verticales	44
3.2.9 Ancho de plataforma.....	45
3.3 Bases Legales.....	47
3.4 Definición de términos básicos.....	47
CAPÍTULO IV.....	51
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	51
4.1. Según el propósito.....	51
4.2 Según el nivel de conocimiento.....	51
4.3 Según la estrategia	52
4.4 Población y Muestra	54
4.4.1 Población.....	54
4.4.2 Muestra	54
4.4.3 Fases de preparación del proyecto.....	54
4.4.3.1 Fase I: Planeación del trabajo.....	54
4.4.3.2 Fase II: Trabajo de campo	55
4.4.3.3 Fase III: Procesamiento, análisis de la información y resultados.....	55
4.4.3.4 Fase IV: Alternativas de solución,	

conclusiones y recomendaciones	55
4.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	56
4.5.1 Técnicas de Recolección de Datos	56
4.5.2 Instrumentos de Recolección de datos.....	57
4.5.3 Técnicas de análisis	58
CAPÍTULO V	59
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	59
5.1 Determinación de las principales normas aplicables al diseño geométrico vial de curvas verticales como elementos de enlace de alineamientos verticales.....	60
5.2 Identificación de los parámetros que intervienen en el cálculo y diseño de elementos de enlaces de los alineamientos verticales de una vialidad.	60
5.3 Exposición de la metodología de cálculo de una curva como elemento de enlace en alineamientos verticales diferentes.....	61
5.3.1 Metodología para el cálculo de los alineamientos verticales.....	61
5.3.1.1 Determinación de pendientes de los alineamientos verticales.....	61
5.3.1.2 Tipología del tipo de curva vertical.....	63
5.3.2 Determinación de distancias de reacción y frenado a la entrada de las curvas verticales.....	64
5.3.2.1 Determinación de la distancia de reacción	64
5.3.2.2 Determinación de las distancias de frenado	65
5.3.3 Determinación de longitud de curvas verticales.....	65
5.3.3.1 Determinación de longitud en curvas cóncavas.....	66
5.3.3.2 Determinación de longitud en curvas convexas.....	68

5.4 Diseño de las curvas verticales en el tramo en estudio.....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
Conclusiones	78
Recomendaciones.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS	81
APÉNDICES.....	83
ANEXOS	93

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1	Coordenadas referenciales de ubicación..... 15
3.1	Velocidades normales de proyecto (Norvial 1985) 29
3.2	Coefficiente de rozamiento para diferentes velocidades de proyecto..... 36
3.1	Distancia de visibilidad de frenado mínima (NORVIAL)..... 38
3.1	Distancia de visibilidad de frenado mínima (AASHTO 2001) 39
5.1	Pendiente en alineamientos existentes..... 62
5.2	Pendiente de control para la determinación de longitudes de frenado en los alineamientos existentes..... 63
5.4	Longitud de curvas verticales cóncavas para $Vp = 80 \text{ km/h}$ 67
5.5	Longitud de curvas verticales cóncavas para $Vp = 60 \text{ km/h}$ 67
5.6	Longitud de curvas verticales cóncavas para $Vp = 40 \text{ km/h}$ 67
5.7	Longitud de curvas verticales convexas para $Vp = 80 \text{ km/h}$ 69
5.8	Longitud de curvas verticales convexas para $Vp = 60 \text{ km/h}$ 70
5.9	Longitud de curvas verticales convexas para $Vp = 40 \text{ km/h}$ 70
5.10	Factor de curva K 71
5.11	Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada Tcv y salida cvT de las curvas verticales. 72
5.12	Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada Tcv y salida cvT de la curva vertical 1. 72
5.13	Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada Tcv y salida cvT de la curva vertical 2. 73
5.14	Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada Tcv y salida cvT de la curva vertical 3. 73
5.15	Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada Tcv y salida cvT de la curva vertical 4. 73
5.16	Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada Tcv y salida cvT de la curva vertical 5. 74
5.17	Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada Tcv y salida cvT de la curva vertical 6. 74

LISTA DE FIGURAS

Figura N°	Página
2.1 Mapa nomenclador de Vialidad Troncal en Venezuela (MTC)	9
2.2 Mapa Político de la República Bolivariana de Venezuela.....	12
2.3 Mapa Político del Estado Bolívar.....	13
2.4 Mapa de Ciudad Bolívar.....	14
2.5 Ubicación del área en estudio. Google Earth.....	15
2.6 Ubicación del área en estudio coordenadas Regven.....	16
2.7 Media mensual de las temperaturas mínimas y máximas diarias..	18
2.9 Media mensual de las precipitaciones diarias.....	19
3.1 Modelo de libreta de campo para levantamientos Taquimétricos	27
3.2 Resistencia al patinaje para cubiertas y pavimentos en diferentes condiciones.	35
3.3 Tipos diferentes de curvas verticales. Elaboración propia.	40
3.4 Elementos de una curva vertical	41
4.1 Flujograma de la metodología de trabajo. Los Autores (2021).....	56
5.1 Sección Típica Vialidad. Elaboración propia.	59
5.2 Replanteo Curva vertical 1	75
5.3 Replanteo Curva vertical 2	75
5.4 Replanteo Curva vertical 3	76
5.5 Replanteo Curva vertical 4	76
5.6 Replanteo Curva vertical 5	77
5.7 Replanteo Curva vertical 6	77

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice N°		Página
A.1	Minuta topográfica del tramo comprendido entre la intersección Las Brisas y la av. Principal del Perú.....	85
A.2	Distancias de Reacción, Frenado y Visibilidad de frenado para cada alineamiento.....	88
A.3	Pendientes y diferencia de pendientes entre los alineamientos	88
B.1	Levantamiento Planialtimétrico y alinamiento vertical (Tramo 1).....	90
B.2	Levantamiento Planialtimétrico y alinamiento vertical (Tramo 2).....	91
B.3	Alineamiento verical y pendientes (Tramo 1)	92
B.4	Alineamiento verical y pendientes (Tramo 2)	93

LISTA DE ANEXOS

Anexo N°	Página
A.1 Ubicación carretera To-019 entre la Urbanización el Perú y el cruce de Las Brisas.....	95
A.2 Pntos correspondiente al levantamiento topográfico (Coordenadas REGVEN).....	96

INTRODUCCIÓN

El diseño geométrico de una vialidad, conlleva la interrelación de diferentes aspectos que permiten trazar ejes longitudinales horizontales y verticales, tales como el relieve topográfico de la vía, la existencia de drenajes transversales y longitudinales, el tipo de vía y la velocidad de proyecto, de manera de permitir desarrollar un proyecto que sea técnica y económicamente factible.

Los alineamientos se encuentran constituidos por ejes rectos que coinciden con el de diseño de la vialidad, los cuales se unen mediante elementos de enlaces constituidos por curvas. En el caso de alineamientos horizontales estos elementos de enlaces son curvas horizontales circulares con o sin transiciones como el caso de espirales, donde se desarrolla la transición del peralte. Para la unión de alineamientos verticales diferentes la curva más utilizada es la parábola con características simétricas, que pueden ser del tipo cóncavas (chinchorro) o convexas (cresta), presentando el inconveniente de no permitir una buena visibilidad al conductor. De allí se hace necesario garantizar una visibilidad mínima a lo largo de toda la curva que permita detectar un objeto, aplicar los frenos y detener totalmente el vehículo antes de alcanzarlo, conocida como distancia de visibilidad de frenado.

El replanteo de las curvas verticales es necesario para la elaboración del perfil longitudinal de la vialidad con cierto grado de precisión, lo que es necesario para la determinación posterior de los cómputos métricos correspondientes al movimiento de tierras, cantidades que por su magnitud tienen un gran peso dentro del monto total de una obra.

La investigación comprende las siguientes fases para la averiguación de la naturaleza del problema y la propuesta para su solución:

Capítulo I. Situación a investigar: se plantea la necesidad de estudio de las curvas verticales de una vialidad, de manera de establecer los elementos necesarios que intervienen en su diseño como la pendiente de los alineamientos, la velocidad de proyecto, la diferencia de pendiente, la longitud de la curva vertical y el replanteo de la misma. Se mencionan además, los objetivos de la investigación, justificación y alcance de la investigación.

Capítulo II. Generalidades: describe la ubicación y acceso al área de estudio, además de las generalidades climáticas, geológicas e hidrológicas de la ciudad, y que reflejan la naturaleza de la zona en estudio.

Capítulo III. Marco teórico: menciona los antecedentes de la investigación, y establece las bases teóricas necesarias para comprender el procedimiento técnico a utilizarse para la estimación de los parámetros de diseño y cálculo de la parábola como la curva de enlace de alineamientos verticales diferente en vialidad, así como sus elementos considerados.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: establece la metodología a seguir para encaminar la investigación a los objetivos planteados, y los instrumentos a usar para medir las variables del estudio.

Capítulo V. Análisis e interpretación de resultados: expone los resultados de los objetivos de la investigación, y que fueron determinados siguiendo la metodología planteada en el Capítulo IV.

Se agregan, además, los Apéndices y Anexos que apoyan la exposición de la información que en los Capítulos anteriores se ha podido recopilar.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Un buen diseño vial garantiza un buen desplazamiento de los usuarios, así como su seguridad y confort, de manera de garantizar un transporte seguro y eficiente, tomando en consideración las restricciones físicas y naturales del entorno. Para lograr esto, es necesario optimizar los elementos geométricos con la velocidad de diseño y parámetros normalizados, para reducir coherentemente la posibilidad de que un conductor enfrente situaciones inesperadas.

Una carretera bien diseñada toma en consideración la movilidad que necesitan los usuarios de la carretera (conductores, peatones y/o ciclistas), así como su seguridad y confort que sientan en su desplazamiento, balanceando esto con las restricciones físicas y naturales del entorno en el cuál el proyecto se realiza, conformando así un sistema de transporte seguro y eficiente. La seguridad vial es optimizada al conectar los elementos geométricos con la velocidad de diseño y parámetros normalizados, de modo que la geometría resultante tenga coherencia y reduzca la posibilidad de que el conductor enfrente situaciones inesperadas.

Debido a que los diferentes alineamientos verticales de una vialidad, necesitan ser enlazados por medio de elementos geométricos que garanticen la continuidad de la vía de manera confortable para los usuarios, cumpliendo con los requerimientos de las normas establecidas para el diseño geométrico vial.

En el mundo entero, no obstante, es posible establecer medios de transporte estándar, ya sea de pasajeros o de carga, para determinar a partir de ellos las

condiciones particulares de cada diseño geométrico de las carreteras. Así como también establecer factores de tipo económico, sociales, políticos y físicos de la zona en estudio, que permitan seleccionar las bases esenciales del diseño y metodologías a utilizar en un proyecto vial.

Para diseñar estos elementos es necesario responder primero una serie de interrogantes que surgen al momento de plantearse una solución que permita enlazar las tangentes de dos alineamientos verticales consecutivos y distintos, de manera que en una determinada longitud se efectúe la transición de la pendiente desde el alineamiento de entrada hasta el alineamiento de salida; entre estas interrogantes se encuentran:

¿Cuáles y como se determinan los alineamientos verticales de una vialidad?

¿Qué factores controlan el diseño de las curvas verticales como elementos de enlace?

¿Cómo se garantiza la visibilidad en el trayecto de la curva vertical?

¿Cómo influye en el confort de los usuarios el cambio de pendiente en las curvas verticales?

¿Qué relación tienen el alineamiento horizontal y el alineamiento vertical de la sub-rasante de una vialidad?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar los parámetros que controlan el diseño de una curva como elemento de enlace de alineamientos verticales diferentes en la T0-019, tramo comprendido entre la Urbanización El Perú y la Intersección de Las Brisas, en Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar las principales normas aplicables al diseño geométrico vial de curvas verticales como elementos de enlace de alineamientos verticales.
2. Identificar los parámetros que intervienen en el cálculo y diseño de elementos de enlaces de los alineamientos verticales de una vialidad.
3. Exponer la metodología de cálculo de una curva vertical como elemento de enlace en alineamientos verticales diferentes.
4. Resumir la metodología empleada para el cálculo de elementos de enlaces de alineamientos verticales en la carretera Troncal 019, tramo comprendido entre la intersección de las Brisas y la Urbanización el Perú, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar.
5. Diseñar la curva vertical en el tramo en estudio.

1.2.3 Justificación de la investigación

Los ingenieros civiles deben tener conocimientos en el área que trata el estudio o investigación a desarrollar, pues de esto depende en buena parte el éxito de los proyectos de construcción y el desarrollo de obras civiles viales. En particular, en la construcción de carreteras, el adecuado trazado del diseño geométrico, así como los diferentes estudios que éste implica son de mucha importancia, pues intervienen

directamente en un diseño armónico, seguro y confortable para los conductores prolongando además con ello su vida útil, así como la de los vehículos que transiten por las mismas.

El proyecto de los elementos de enlaces del alineamiento vertical, como elemento esencial en el diseño geométrico del tramo de vialidad correspondiente a la troncal 019 entre la Urbanización el Perú y la intersección de Las Brisas, en el Municipio Angostura del Orinoco; se justifica en sí por el impacto positivo a nivel local que generará el proyecto carretero y el desarrollo posterior de la población beneficiada por el mismo.

Sabiendo la importancia que representa este tramo para Ciudad Bolívar, puesto que aparte de ser un punto de entrada a la ciudad desde la intercepción de Las Brisas a la Urbanización el Perú desde varios poblados de municipios cercanos, el cual de tener un diseño adecuado podría convertirse en una vialidad urbana con un alto nivel de tránsito, ya que, se convierte en una vía que facilita las relaciones comerciales entre las poblaciones y municipios vecinos, como a nivel nacional, también es de notar que contamos con la intersección de la troncal - 016, que enlaza el estado con los otros del país.

1.3 Alcance de la investigación

Con la ejecución de este proyecto se busca establecer los principales procedimientos y variables que intervienen en el diseño de curvas verticales como elementos de enlaces entre alineamientos verticales diferentes. Este procedimiento será descrito teóricamente, utilizando como apoyo el Excel como herramienta de cálculo, para el cálculo de las curvas verticales existentes en la propuesta realizada por Capponi, N. (2012), de manera de conceptualizar las normas y procedimiento

utilizados en el cálculo de curvas verticales, dentro del diseño geométrico de la vialidad.

Esta investigación se encuentra enmarcada en determinar la configuración geométrica y las condiciones físicas que presentará el diseño geométrico vertical, de manera que de garantizar un óptimo funcionamiento, seguridad y confort a los usuarios de la mencionada vía.

1.4 Limitaciones de la investigación

El proyecto presenta limitaciones relacionadas en:

1. Falta de material para complementar el trabajo.
2. Dificultad en la obtención de información relevante sobre el sistema de abastecimiento de agua a través de los organismos competentes en materia de vialidad y transporte de la ciudad.
3. Cartografía desactualizada de la zona urbana del sector que abarca la investigación.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Descripción

Para el momento de su fundación en el año 1764, Ciudad Bolívar contaba con caminos de tierra y unos pocos de piedra, que servían a los habitantes para desplazarse dentro de la recién fundada ciudad y a las ciudades cercanas. No es sino hasta la década de los años 80 cuando se realizan estudios para obtener un plan de ordenamiento vial para la ciudad en vista del acelerado crecimiento poblacional y la necesidad de una planificación, en el cual se clasificaron las vías de acuerdo a su importancia y capacidad.

Según Cal&Mayor (2006), la infraestructura vial es el medio que posibilita el transporte mediante el uso de automóviles, autobuses, camiones, motocicletas, bicicletas, así como el transporte peatonal en zonas rurales y urbanas. En zona no urbanas el elemento vial lo constituye una carretera o autopista, los cuales deben cumplir parámetros de diseño geométrico que garanticen a los usuarios altos niveles de seguridad, confort y fluidez, pero para ello es necesario que el diseño de los elementos de enlaces de los alineamiento, tanto horizontales como verticales cumplan con la normativa vigente para el diseño de dichos elementos.

En Venezuela, la carretera Troncal 19 (T019) tiene su inicio al oeste en la Pedrera, estado Táchira en su intersección con la Troncal 05 (T005) y en su recorrido pasa a través de los estados Apure, Guárico y Bolívar, con una longitud total de 633 km hasta su empalme con la Troncal 10 (T010) en San Félix, estado Bolívar., ver figura 2.1.

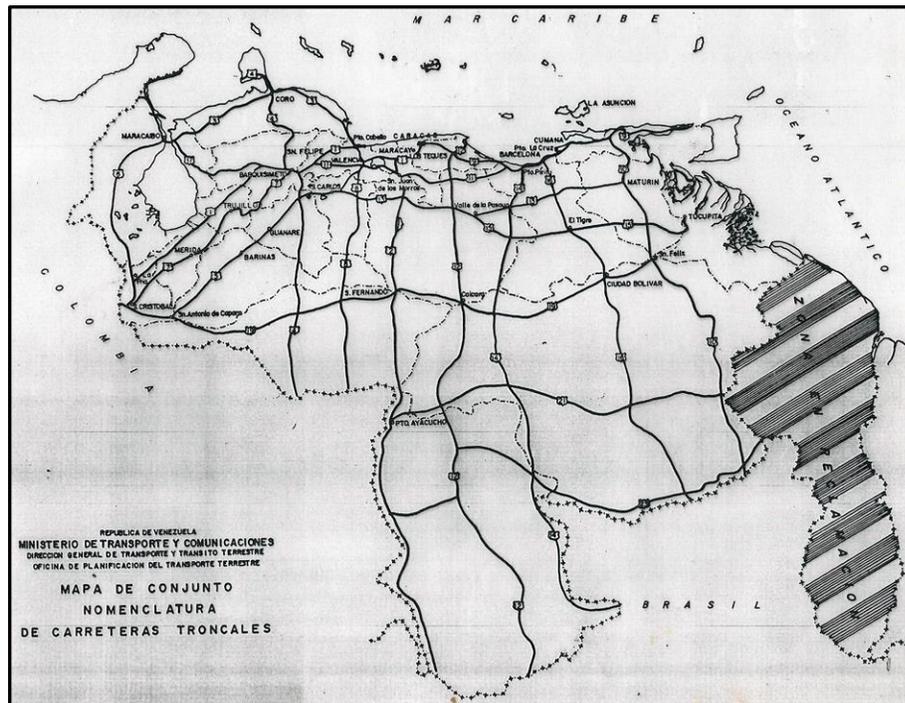


Figura 2.1 Mapa nomenclador de Vialidad Troncal en Venezuela (MTC)

En el estado Bolívar, específicamente en la carretera Troncal 19 (T019) entre el distribuidor Marhuanta y el kilómetro 70, conocida como la carretera vieja a Puerto Ordaz, cuenta con una precaria señalización, lo que la hace una vialidad de alto peligro para los usuarios que transitan desde Ciudad Bolívar, hacia la represa del Guri, el kilómetro 70 e inclusive hacia Ciudad Guayana, teniendo volúmenes mayores los fines de semana, cuando es utilizada con fines recreativos o simplemente para dirigirse a las fincas de actividad agropecuaria que se encuentran a lo largo de esta carretera. Hasta la puesta en servicio de la autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz y luego la construcción del II puente sobre el río Orinoco (ORINOKIA) con su respectiva conexión directa desde el sector La Viuda en la carretera (T016) en el estado Anzoátegui este tramo carretera era considerado parte integral del sistema vial

Panamericano, uniendo la carretera Troncal 16 (T016), con la carretera Troncal 10 (T010), en ruta de comunicación internacional con la República Federativa del Brasil.

Según la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G) denominó en el año 1988 a la Av. San Salvador como Arterial 2 proponiendo modificaciones para dicha Avenida que aún no han sido aplicadas. Para el momento solo se le han realizado reparaciones menores de asfaltado y bacheo. Según el Plan de Ordenación Urbanística de Ciudad Bolívar – Soledad, resolución 193° y 144°, en la sección III, Sistema vial y transporte, art. 19 expresa que:

Colectora 7 (col-7): es una vía existente cuyo trazado coincide con el paseo Gaspari, la Calle La Piscina y la Av. Principal del Perú, tiene su inicio en su intersección con la Av. 5 de Julio (col-1) y finaliza al sur en su intersección con la colectora 10 (col-10), para lo cual es necesario un nuevo tramo de vía de longitud aproximada de 250 metros desde el final de la Av. Principal El Perú hasta la colectora 10 (col-10). Tiene una longitud total aproximada de 5,80 kilómetros y en la vía existente el trazado mantendrá la misma sección transversal de 16 metros de la Av. Principal El Perú (Este eje concuerda con el trazado la To-019).

Colectora 10 (col-10): es parte de una vía existente cuyo trazado coincide con la vía a Caicara del Orinoco (troncal-019), la calle vía El Perú, la Av. San Salvador y la Calle Falcón, tiene su inicio al Oeste en su intersección con la Av. Perimetral (Art-1) y finaliza al Este en su intersección con la Av. La Paragua (Art-3), para lo cual es necesario dos nuevos tramos de vías elevados sobre los ríos Buena Vista y San Rafael de Longitud aproximada de 1000 metros y 800 metros, respectivamente. Tiene una longitud total de 6,5

kilómetros y se ampliará su sección transversal a 9,60 metros a todo lo largo de su recorrido.

2.2 Ubicación geográfica del área de estudio

Venezuela se ubica en la zona tropical, en una excepcional posición geográfica en el planeta al encontrarse en el hemisferio norte, totalmente estructurada en el territorio continental americano, lo que otorga extraordinarias ventajas. Asimismo el país está abierto a los espacios marítimos mundiales por su presencia territorial en el mar Caribe y en el océano Atlántico. Esta ubicación geográfica expectable a escala mundial hace posible una fácil comunicación y fluido tráfico aéreo y marítimo de personas y productos venezolanos, con los principales núcleos culturales y económicos internacionales.

Asimismo, nuestra nación está en una posición que es equidistante de los principales centros industriales, financieros y de servicios del hemisferio occidental, tanto de América del Norte como de Europa y África. Debido a su cercanía del Canal de Panamá, su situación tampoco es excéntrica respecto al hemisferio oriental y de los dinámicos polos del nuevo desarrollo de Asia meridional y extremo oriente. Por su plena ubicación en la zona intertropical del planeta, Venezuela es un país tropical, que tiene rasgos geográficos básicos comunes con otras naciones americanas, africanas, asiáticas y oceánicas, que se sitúan entre los Trópicos de Cáncer y Capricornio. Esta ubicación planetaria en la zona tropical conlleva a que Venezuela se diferencie de aquellos países que están situados en zonas templadas o frías, abriendo muchas opciones a su desenvolvimiento económico, ambientes naturales y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. (Figura 2.1).

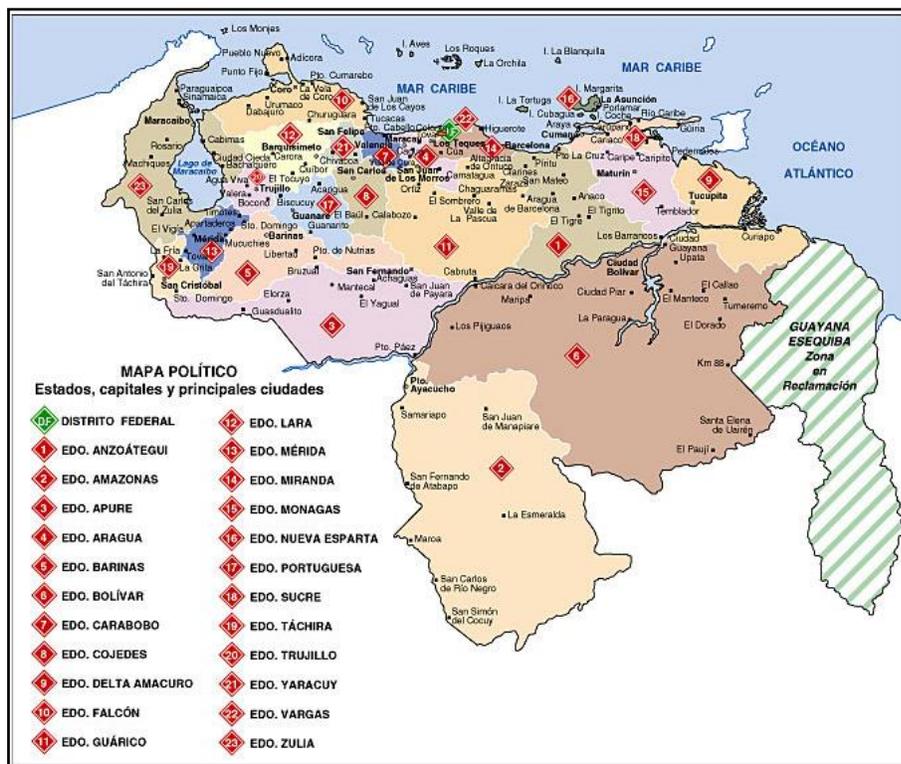


Figura 2.2 Mapa Político de la República Bolivariana de Venezuela.
(<http://www.a/venezuela.com/mapas/map/html/politico.html>)

El estado Bolívar, se encuentra ubicado en la región suroriental del país, sus límites: al norte, separado por el Orinoco, con los estados, Delta Amacuro, Monagas, Anzoátegui y Guárico; al sur con la República del Brasil y el estado Amazonas; al este con el estado Delta Amacuro y la zona en Reclamación que nos separa con la República de Guyana y al oeste, con los estados Apure y Amazonas. El estado Bolívar, en cuanto a su superficie es el más grande de nuestra geografía y equivale a un poco más de la cuarta parte del territorio nacional. Su superficie es de 240.528 km² que equivale al 26.24% del territorio nacional (Figura 2.2).

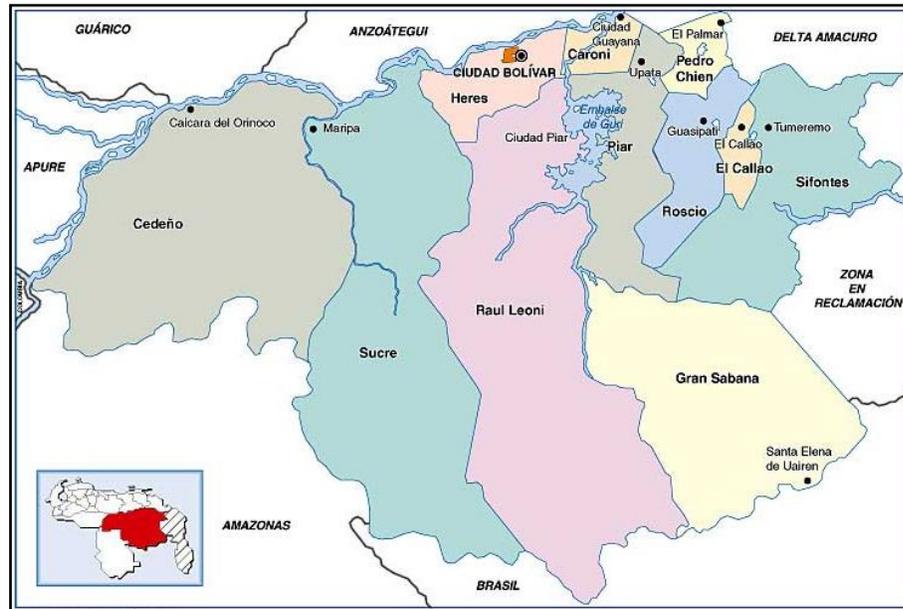


Figura 2.3 Mapa Político del Estado Bolívar. (<http://www.a-venezuela.com/mapas/map/html/politico.html>).

Ciudad Bolívar es fundada en 1595 por Antonio de Berríos, quien había llegado de la Nueva Granada (actual Colombia) con la comisión de poblar la Guayana. La población llamada originalmente Santo Tomé de Guayana es un puerto fortificado que debe mudarse de emplazamiento en tres ocasiones, ya que era blanco de constantes asaltos por parte de indios caribes y corsarios europeos entre los que destaca Sir Walter Raleigh. En 1764 halla un sitio definitivo en la ribera del Orinoco, en su sector más angosto, por lo que toma el nombre de Nueva Guayana de la Angostura del Orinoco, nombre que persiste por más de 80 años y se recuerda aún hoy.

Ciudad Bolívar se encuentra a orillas del río Orinoco, y constituye la capital del Estado Bolívar y del municipio Angostura del Orinoco. Sus calles y construcciones de estilo colonial guardan la historia de esta ciudad, y hacen de ella una de las más bellas poblaciones de Venezuela. De acuerdo a la Ley de División Político – Territorial el estado se compone de 11 municipios (Figura 2.3).

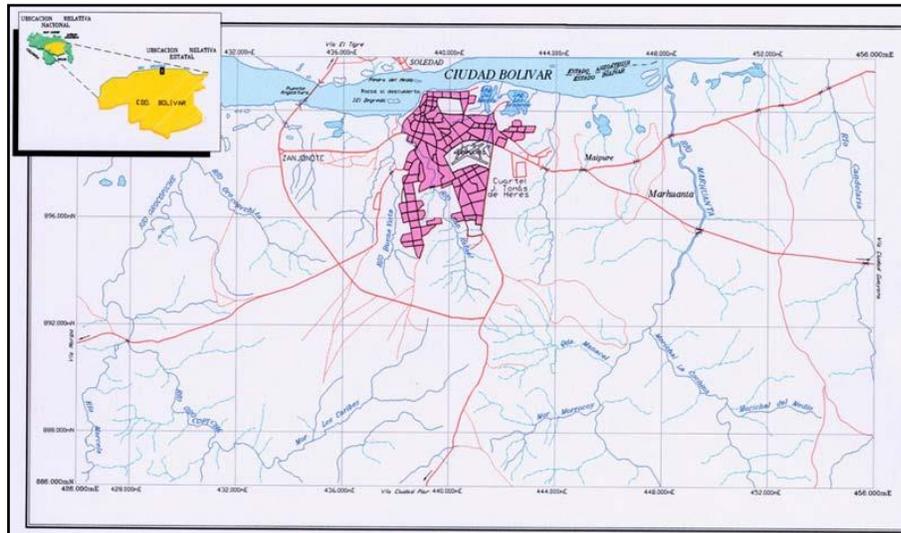


Figura 2.4 Mapa de Ciudad Bolívar. (<http://www.justmaps.org/mapas/Latinoamérica/Venezuela/bolivar.asp>).

2.3 Acceso al área de estudio

El área en estudio se encuentra ubicada en Ciudad Bolívar Municipio Angostura del Orinoco, sobre la carretera troncal 19 (To-019), partiendo de la Urbanización el Perú hasta la intersección de las Brisas con la Troncal 016. El acceso al área de estudio se realiza desde el oeste a través de la intersección de Las Brisas, cuyo tránsito proviene desde el norte por la To-016 desde el Puente de Angostura, desde el oeste de los municipios Sucre y Cedeño y desde el sur de la Parroquia Sabanita y José Antonio Páez. Desde el este se realiza desde la urbanización el Perú desde el centro de la ciudad.



Figura 2.5 Ubicación del área en estudio. Google Earth

Tabla 2.1 Coordenadas referenciales de ubicación.

Vértice	Norte	Este
A	893.236,97	435.392,68
Y	894.306,74	436.961,42

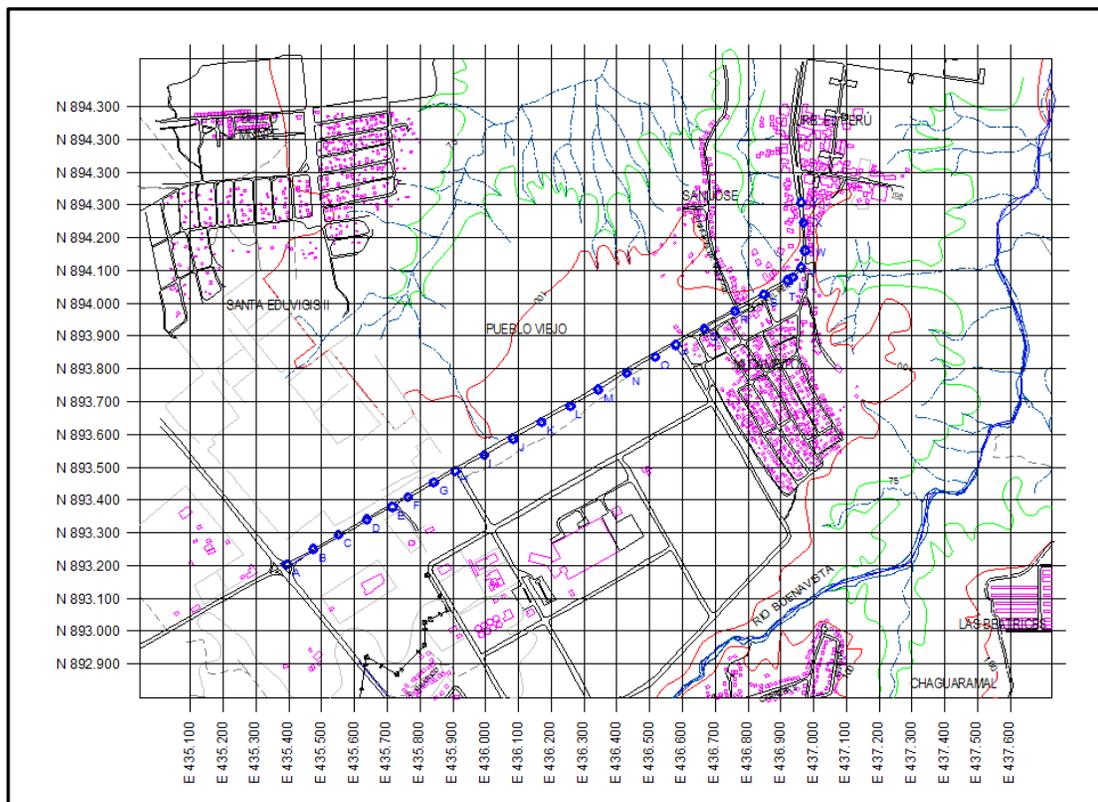


Figura 2.6 Ubicación del área en estudio coordenadas Regven.

2.4 Características físicas y naturales

2.4.1 Geología

El área de estudio se localiza en el Escudo de Guayana, específicamente al norte del Cinturón Granítico de la Provincia de Imataca, conformada por una llanura aluvial en la franja paralela al Río Orinoco.

Localmente en el área se distinguen tres unidades litológicas, representadas de más antigua a más joven por el Complejo de Imataca, que conforman colinas redondeadas sobre las cuales está ubicado el Casco Histórico, la Formación Mesa que produce un paisaje de pendientes suaves, y los sedimentos recientes.

El suelo en el área de estudio se encuentra constituido por rocas ígneas de la Sierra Imataca, correspondiente al basamento del Escudo de Guayana y a los cuales se les asigna una edad precámbrica, y por rocas sedimentarias pertenecientes a la formación mesa de edad plioceno - pleistoceno.

La ciudad presenta una gran estabilidad tectónica, porque está ubicada sobre las rocas ígneas del escudo Guayanés, que corresponden al Precámbrico, las formaciones geológicas más antiguas y estables de nuestro planeta.

La geología local de la ciudad se encuentra bajo el Complejo Geológico de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos o Aluviones Recientes.

Bajo condiciones de abundantes precipitaciones periódicas, la formación ha sido erosionada para formar cadenas espectaculares de cárcavas. “Los sedimentos y Aluviones Recientes, son sedimentos con una constitución limo-areno-arcillosa, bastantes sueltos y sumamente porosos. Estos son arrastrados y depositados por las aguas de escorrentía, el viento y los ríos urbanos de la ciudad, constituyendo geomorfológicamente planicies aluvionales que representan las áreas de inundación de las cuencas urbanas de Ciudad Bolívar.

2.4.2 Altitud

Ciudad Bolívar, está localizado a 54 metros de altitud sobre el nivel del mar, ubicándose al sur de este del río Orinoco y a 422 km de su desembocadura, en esta parte la más angosta del río.

2.4.3 Temperatura

La temperatura es una magnitud física que expresa el nivel de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Dicha magnitud está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura). En Ciudad Bolívar la

temperatura promedio oscila entre los 27° C y 31° C, esta variedad climática es representada por las temporadas de lluvia y sequía, presentando en altas y variadas formas (Figura 2.7).

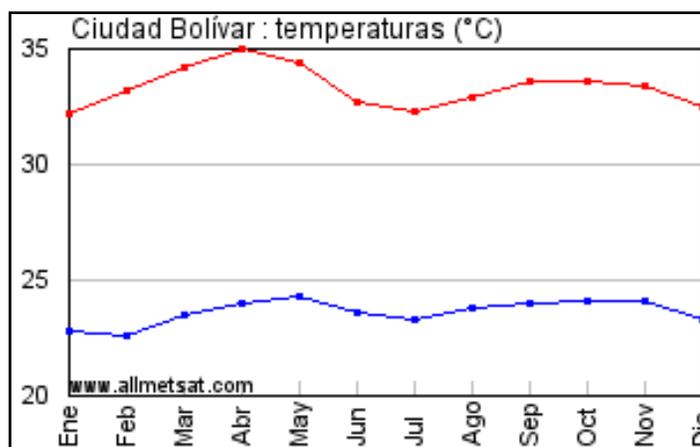


Figura 2.7 Media mensual de las temperaturas mínimas y máximas diarias. (<http://es.allmetsat.com/clima/venezuela.php?code=80444>).

2.4.4 Precipitación

En Ciudad Bolívar se observa gran cantidad de lluvias por las altas temperaturas que causan una fuerte evaporación, arribando unos 1022 mm anuales. Estas altas cantidades, favorecen la presencia de ríos de gran volumen como el Orinoco y otros ríos menores. Y a su vez la precipitación produce escorrentía que afecta el suelo y llega a producir cárcavas que pueden ser impedimentos al momento de realizar algún proyecto. (Figura 2.9).

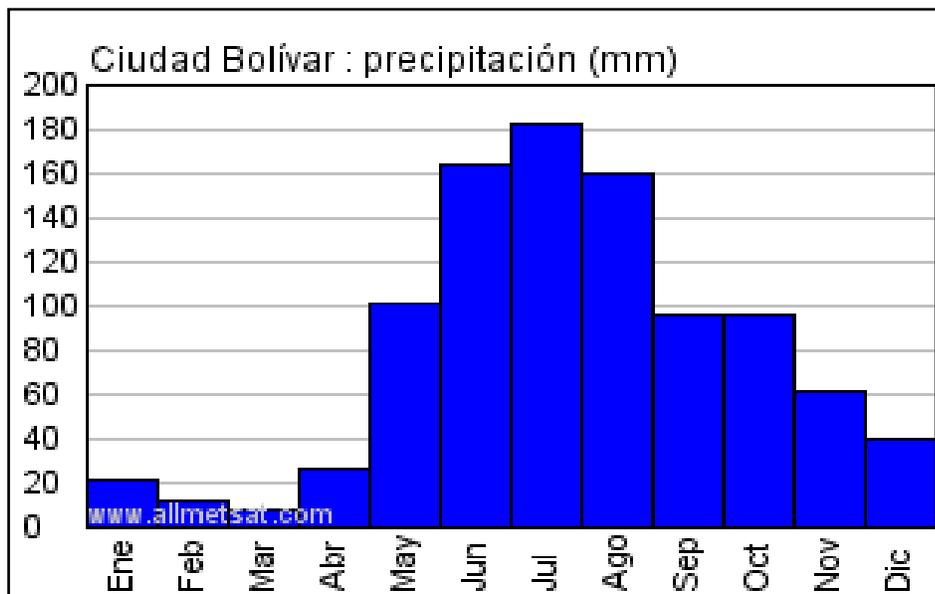


Figura 2.9 Media mensual de las precipitaciones diarias.
(<http://es.allmetsat.com/clima/venezuela.php?code=80444>).

2.4.5 Vientos

La variación de los climas del extenso territorio viene determinada por la altitud y los vientos dado que la latitud (entre los 4° y 8° de latitud Norte) lo sitúa totalmente en la franja ecuatorial. Las tierras del norte bajas y sometidas a la influencia de los vientos del este y noreste se caracterizan por una época de lluvia y otra de sequía ambas muy marcadas; las tierras del sur reciben vientos cargados de humedad de la depresión amazónica y del sudeste que se condensan al contacto de las elevaciones produciendo intensas lluvias superiores a los 1600 mm.

2.4.6 Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Koeppen en el Estado Bolívar, están presentes los siguientes tipos de clima: el clima Af (clima de selva), el clima Am (clima tropical tipo monzónico) y el clima Aw (clima de sabanas). Ciudad Bolívar se encuentra ubicada al Norte del paralelo 6°, por lo tanto en la zona con clima de sabanas, caracterizada por tener altas temperaturas todo el año; por una

estación lluviosa (invierno) que domina desde mayo hasta noviembre, y otra de sequía (verano) que domina desde diciembre hasta abril. Ambas estaciones sufren variaciones en su régimen (MINFRA, 2006) (C.V.G Técnica Minera C.A, 1.991).

2.4.6.1 Precipitación.

La distribución espacial de las precipitaciones varía sensiblemente de Este a Oeste y de Norte a Sur, y en general la pluviosidad aumenta a medida que se avanza al Sur y al Este. Al Norte existe una precipitación moderada desde Mayo a Septiembre; las lluvias más fuertes se presentan entre Junio y Julio, y van disminuyendo en intensidad hasta alcanzar la mínima entre Noviembre y Marzo.

El promedio de precipitación varía entre los 1.000 y 1.500 milímetros para la zona Norte y la Cuenca del Caroní; en la zona Sur el promedio varía entre los 2.000 y 2.800 milímetros. (MINFRA, 2006)

2.4.6.2 Evaporación.

La media anual de evaporación para Ciudad Bolívar y sus alrededores se ubica en 137,27 mm, mientras que el total anual oscila alrededor de 1.647,19 mm. Los meses de Mayor evaporación van desde Enero hasta mayo con máximos durante Marzo (206,25 mm) y Abril (181,63 mm) debido a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar, la baja humedad relativa así como también al sensible aumento de la velocidad del viento. La evaporación registra su valor más bajo durante los meses que van desde Junio hasta Agosto, con mínimos en julio (88,88 mm) y Agosto (91,63 mm).

2.4.6.3 Temperatura media del aire.

La media anual se estima en 27,6° C, la máxima anual en 28,5° C y la mínima anual en 26,7° C. El máximo principal ocurre en el mes de Abril (28,8° C), mientras

que los valores mínimos de temperatura media se registran en los meses de Enero (26,7° C), Julio (26,8° C) y Diciembre (26,9° C).

2.4.6.4 Radiación solar media.

El área de estudio recibe una radiación solar promedio anual equivalente a 16,1 Cal/cm².min.

La radiación solar presenta una distribución bimodal en el año, con valores máximos en marzo (17,48 Cal/cm².min), abril (17,40 Cal/cm².min) y Septiembre (17,25 Cal/cm².min) coincidiendo con las épocas de equinoccios de primavera y de otoño, respectivamente.

2.4.6.5 Humedad relativa media.

La media anual se ubica en 78,3%. Los valores máximos de humedad relativa se presentan durante los meses de Junio (83,0%), Julio (83,8%) y Agosto (82,0%), es decir, durante los meses de mayor precipitación; mientras que los valores mínimos se alcanzan en la época de Febrero (75,2%), Marzo (71,8%) y Abril (71,4%).

2.4.6.6 Velocidad media del viento.

La velocidad media anual predominante, determinada a 0,65 metros sobre el suelo, es de 12 Km/h y su dirección prevaleciente es en sentido Este-Noreste (ENE). La velocidad del viento es menor de Julio a Octubre, con mínimo en Agosto (8,0 Km/h), y se hace máxima durante el mes de Marzo (16,5 Km/h).

2.4.7 Vegetación

La vegetación es, en un resumen, una típica vegetación guayanesa-amazónica en el cual, vemos la vida de varios seres, tanto como plantas, como animales, estos son típicos en la Guayana principalmente, y minoritariamente típicos del amazonas,

pero, algo interesante, es que Ciudad Bolívar se ve relativamente industrializado, tiene una gran cantidad de plantas como animales, tanto afuera como adentro de la ciudad. Se pueden contemplar morichales, chaparrales. Especies como árboles Carob, la sarrapia, el merecure, entre otros. Las especies más abundantes son la Paja Peluda (*Tracgipogonplumosus*), Escobilla (*Scopariadulcis*), Dormidera (*Mimosa dormiens*), Cadillos, entre otras. Y por la vegetación arbustiva que está constituida por arboles de 2 a 4 mts de altura, los principales representantes son el Chaparro (*Curatera Americana*), Manteco (*ByrsominiaClassifolia*), Merey (*Anarcadium Occidentale*), Alcornoque (*BowdichiaVirgiloides*), Mandinga (*Roupals Complicata*), y en proporción menor se encuentra mango (*Mangifera Indica*), etc.

De acuerdo con la clasificación ecológica por el método de Holdridge, el Estado Bolívar, corresponde a Bosques, asociados a la presencia de tierras bajas ubicadas por debajo de los 100 metros sobre el nivel del mar, en este caso representada por los bosques de galería ubicados en las márgenes del Río Orinoco los cuales forman una asociación edáfica siempre verde, monoestratificada, con las raíces en la zona de saturación de humedad, con una altura hasta los 25metros. Al Sur de Ciudad Bolívar están presentes formaciones herbáceas caracterizadas por ser unas formaciones vegetales monoestratificada donde predominan gramíneas perennes y dispuestas en macollas, exentas casi totalmente de elementos arbóreos o arbustivos, aunque pueden ser interrumpidas con la presencia de morichales y bosques de galerías. (MINFRA, 2006)

Debido a los grandes usos establecidos por diferentes usos de la tierra la vegetación del área no corresponde a un patrón homogéneo, existiendo gran cantidad de especies invasoras e introducidas que han alterado definitivamente la composición florística natural. Entre las especies predominantes se presenta el lirio de agua o bora (*Eichhorniacrassipes*); especies rebalseras como el geranio rebalsero, el guayabo rebalsero y el chaparrillo rebalsero (Dirección de Ambiente de la Gobernación del

estado Bolívar, 2.001).

2.4.8 Hidrografía

La hidrografía de la zona en estudio se encuentra constituida por un sistema muy activo, y cuyo principal colector es el río Orinoco. También la integran otros ríos y cuerpos de agua como Cañafístola, San Rafael y Buena Vista.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes o estudios previos

La necesidad de sistemas viales acordes con el ámbito urbano de Ciudad Bolívar, demuestran la inexistencia de políticas públicas que apuntalen estrategias que permitan a mediano y largo plazo romper el letargo en que se encuentra la ciudad, por lo que es necesario plantear alternativas dentro de la senda del desarrollo sostenible que permitan avanzar hacia una prosperidad económica, social y ambiental.

En el año 2012, Capponi, Nelson realiza el trabajo de grado titulado “Propuesta de rectificación geométrica vial y mejoras del nivel de servicio en la trocal- 019, en el tramo comprendido entre la Urbabización El Perú y la Intersección de las Brisas. Municipio Heres, Estado Bolívar”. El mismo contempla una propuesta para la rectificación geométrica vial del tramo comprendido entre la intersección las Brisas y la Av. Principal del Perú, anexándole dos canales de circulación a la vía existente y separando dos canales por sentido, de manera de brindar la mejor opción para mejorar no sólo el tramo de vialidad, sino también para promover una mejora considerable del flujo vehicular en el tramo, dentro de los trabajos de mejoras en el pavimento y la señalización, ya que esta presenta un mayor abandono de parte de los entes encargados.

Esta tesis aborda la ubicación de la propuesta sobre el terreno, pero no analiza en detalle los elementos geométricos que conforman su trazado, de allí la necesidad de estudiar las variables que influyen en el diseño geométrico vertical de la vialidad, de la cual las curvas verticales son esenciales, porque permiten definir las cotas de la sub-rasante y por consiguiente establecer los volúmenes de tierras que son necesarios

ejecutar.

Por otro lado Ocando, Vasquez, H; Juarez, F.; Nerio, J. (2015) en su trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Civil, ante la Universidad de El Salvador, titulado “Propuesta de diseño geométrico fr 5.0 Km de vía de acceso vecinal montañosa, final col. Quezal Repeque-Cantón Victoria, Santa Tecla, La Libertad, utilizando software especializado para diseño de carreteras”, donde expresa que una carretera bien diseñada toma en consideración la movilidad que necesitan los usuarios de la carretera (motoristas, peatones o ciclistas) así como la seguridad y el confort de los mismos, balanceando esto con las restricciones físicas y naturales del entorno en el cuál, el proyecto se realiza; formando así un sistema de transporte seguro y eficiente. La seguridad vial está optimizada al conectar los elementos geométricos con la velocidad de diseño y parámetros normalizados, de modo que la geometría resultante tiene una coherencia que reduce la posibilidad que un conductor se enfrente con una situación inesperada.

3.2 Bases Teóricas

Carciente (1981) establece que:

“...una de las principales metas durante la elaboración de un proyecto es lograr la combinación de alineamientos y pendientes que, cumpliendo con las normas de trazado, permita la construcción de la carretera con el menor movimiento de tierras posible y con el mejor balance entre los volúmenes de excavación y relleno que se produzcan”.

El diseño de curvas verticales como elementos de enlace entre alineamientos verticales, como parte esencial de un buen diseño geométrico de una vialidad, conlleva la utilización de una serie de parámetros y variables establecidos y contemplados en las diferentes normas, pero su cumplimiento garantizan un diseño

óptimo en cuanto a la seguridad, confort y estética.

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del eje de la sub-rasante, la cual depende entre otros de la topografía del terreno, uniendo las diferentes pendientes del alineamiento, mediante curvas de arco parabólico, que de manera eficiente garanticen una conducción suave y un aspecto agradable. Una regla general para los proyectistas es alcanzar una “línea fluida”, con una suave y natural apariencia en la tierra, y una rítmica continuidad para el conductor. Este efecto resulta del seguimiento de los contornos naturales de la tierra, usando graciosas y graduales transiciones horizontales y verticales, y relacionando el alineamiento con las características permanentes tales como ríos y montañas.

Se reconoce que habrá algún grado de impacto físico en los alrededores asociados con la construcción de cualquier nueva ubicación de carretera, o reconstrucción importante, o ensanchamiento de una vía existente. Sin embargo, desde la perspectiva de los alineamientos horizontal y vertical, mucho de este impacto puede y debería aliviarse. El impacto sobre el ambiente circundante puede minimizarse mediante la cuidadosa atención a los detalles durante la ubicación de la ruta y las fases preliminares de diseño. Se requiere además el consentimiento general de todas las partes interesadas para trabajar juntas hacia un objetivo común. Por ejemplo, mediante ajustes menores a los alineamientos horizontal y vertical originalmente propuestos (combinados con el uso de cortas secciones de muros de sostenimiento) a lo largo de una carretera eliminan la necesidad de adquirir cualquiera de las casas y comercios adyacentes.

3.2.1 Levantamiento Taquimétrico

La palabra taquimetría, etimológicamente, significa medida rápida, y su objeto es el de abreviar el trabajo topográfico, prescindiendo de todas las redes y haciendo, en el campo, simultáneamente, la poligonación, el relleno y el levantamiento altimétrico.

El fundamento del método estriba en determinar la posición de un punto por sus tres coordenadas X, Y, Z, referidas a unos ejes que se toman de la forma siguiente: el eje XX' en la dirección E-W, el eje YY' en la dirección de la meridiana geográfica, y el eje ZZ' en la vertical.

Por este método se recogen en, uno solo, los levantamientos planimétrico y altimétrico, considera el desnivel por su coordenada Z (Planialtimetría).

En el campo los datos necesarios que hay que tomar son los siguientes: altura del eje de giro del anteojo (i) lecturas de mira interceptadas por los hilos del retículo, ángulo horizontal y ángulo vertical.

Modelo de Libreta de Campo para Levantamientos Taquimétricos

Est.	PV	Ángulos		Lecturas en Mira			Clas
		∠ horiz.	∠ vert.	L _s	L _m	L _i	
E1	BM						
h ₁ =	1						
Q ₁ =	2						
N =	3						
E =	E ₂						
E2	E ₁						
h ₂	4						
Q ₂	5						
N	6						
E	7						

Figura 3.1 Modelo de libreta de campo para levantamientos Taquimétricos

3.2.1.1 Determinación de la distancia horizontal

Para teodolitos que miden ángulos cenitales (φ), la Distancia horizontal (DH) se calcula mediante la ecuación:

$$DH = K.H.Seno^2(\varphi) \quad (3.1)$$

Donde:

DH Distancia Horizontal
 K Constante distanciométrica del teodolito (100)

H	Diferencia de lectura entre el hilo superior e inferior ($l_s - l_i$)
φ	Angulo cenital

3.2.1.2 Determinación del desnivel

Para la determinación del desnivel entre dos puntos mediante taquimetría, mediante teodolitos que miden el ángulo cenital (φ), al dividir la ecuación anterior entre el $\text{seno}(\varphi)$, se obtiene la distancia inclinada, la cual a su vez multiplicada por el $\text{coseno}(\varphi)$ se obtiene el desnivel expresándose mediante la ecuación:

$$\Delta = K \cdot H \cdot \text{coseno}(\varphi) \cdot \text{seno}(\varphi) \quad (3.2)$$

Este desnivel para reflejarlo al nivel del terreno, es necesario considerar la altura del instrumento (h_i) y la lectura del hilo medio (l_m), lo cual conduce a la ecuación:

$$\Delta_{AB} = K \cdot H \cdot \text{coseno}(\varphi) \cdot \text{seno}(\varphi) + h_i - l_m \quad (3.3)$$

Ecuación que puede ser expresada como:

$$\Delta_{AB} = DH \cdot \text{cotangente}(\varphi) + h_i - l_m \quad (3.4)$$

Dónde:

h_i	Altura de ojo del instrumento
DH	Distancia Horizontal
K	Constante distanciométrica del teodolito (100)
l_m	Lectura del hilo medio
φ	Angulo cenital

3.2.2 Velocidad de proyecto

La velocidad de proyecto, es la velocidad escogida para proyectar y relacionar los elementos geométricos de una vía. Representa la máxima velocidad que podría

alcanzar el conductor promedio en condiciones óptimas de circulación, su selección depende del tipo de vía, de las condiciones topográficas, ambientales y del comportamiento futuro del tránsito.

Entre dos tramos de carretera con velocidades de proyecto que difieren en más de 15 km/h , debe intercalarse un tramo con una velocidad intermedia que sirva de transición y permita al conductor adaptarse a la restricción introducida por la velocidad de proyecto baja.

Tabla 3.1 Velocidades normales de proyecto (Norvial 1985)

Tipo de vía y condición topográfica	Velocidad de proyecto (km/h)
Autopista terreno llano	90 - 120
Autopistas en montaña	80 - 110
Carreteras en terreno llano	90 - 120
Carreteras en terreno ondulados	80 - 100
Carreteras en terreno montañoso	50 - 80

3.2.3 Normas generales para el alineamiento vertical

- a) En terrenos planos, la altura de la sobrasarte sobre el terreno se fija normalmente con base al drenaje. En terrenos con valles y crestas continuas, se utiliza normalmente sub-rasante onduladas. En terrenos montañosos la sub-rasante se controla estrechamente por las restricciones y condiciones de a topografía.
- b) Se le debe dar preferencia a una sub-rasante suave con cambios graduales, en lugar de una con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas. Desde el punto de vista del proyecto, las restricciones son la pendiente y la longitud crítica.

- c) Deben evitarse vados formados por curvas verticales cóncavas muy cortas, ya que el perfil resultante corresponde a condiciones de seguridad y estética muy deficiente.
- d) No se recomienda proyectar dos curvas verticales sucesivas en la misma dirección que estén separadas por una tangente vertical corta.
- e) Es mejor proyectar un perfil escalonado que uno con una sola pendiente sostenida.
- f) Cuando la magnitud del desnivel a vencer o la limitación de desarrollo obliga a proyectar largas pendientes uniformes, se deberá considerar la opción de construir un carril adicional de ascenso, si se justifica con los volúmenes de tránsito esperados.
- g) Las curvas verticales cóncavas deben evitarse en secciones en corte, a menos que existan facilidades para el drenaje.
- h) En pendientes largas, puede ser preferible colocar las pendientes mayores al inicio de la cuesta y disminuirlas hacia el final o, alternativamente, intercalar pendientes suaves por cortas distancias para facilitar el ascenso y permitir que los vehículos recuperen velocidad de circulación.

3.2.4 Distancias de visibilidad

Es la longitud máxima de la carretera que un conductor puede ver continuamente delante de él, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. Por lo tanto la carretera tanto en su trazo en planta (Horizontal), como en las curvas verticales de la rasante, debe tener las condiciones de visibilidad precisas para que el conductor pueda tomar las decisiones pertinentes durante su recorrido.

3.2.4.1 Distancias de visibilidad de paso, adelantamiento o rebase.

Se define como la mínima distancia de visibilidad requerida por el conductor de un vehículo para adelantar a otro vehículo que, a menor velocidad relativa, circula por su mismo carril y dirección, en condiciones cómodas y seguras, invadiendo para ello el carril de circulación en sentido contrario, pero sin afectar la velocidad de otro vehículo que se le acerca, el cual es visto por el conductor inmediatamente después de iniciar la maniobra de paso.

Para establecer las relaciones se establecen los siguientes supuestos para su simplificación:

- a) El vehículo que es rebasado viaja a velocidad constante.
- b) El vehículo que rebasa viaja a la misma velocidad del vehículo a rebasar, mientras espera una oportunidad para su adelantamiento.
- c) Se toma en cuenta el tiempo de percepción y reacción del conductor que realiza las maniobras de adelantamiento.
- d) Cuando el conductor está rebasando, acelera hasta alcanzar una velocidad una velocidad promedio de 15 km/h más rápido que el vehículo que está siendo rebasado.
- e) Debe existir una distancia de seguridad entre el vehículo que se aproxima en sentido contrario y el que efectúa la maniobra de adelantamiento.
- f) El vehículo que viaja en sentido contrario y el que efectúa el adelantamiento viajan a la misma velocidad promedio.
- g) Solamente un vehículo es rebasado en cada maniobra.

- h) La velocidad del vehículo que es rebasado es la velocidad de marcha promedio de acuerdo a la capacidad de diseño de la vía.

Esta distancia de visibilidad de paso, se diseña para carreteras de doble sentido de circulación, ya que esta situación no se presenta en carreteras divididas y no divididas de carriles múltiples.

3.2.4.2 Distancias de visibilidad de frenado

Es la distancia de visibilidad mínima necesaria para que un conductor que transita, cerca de la velocidad de proyecto, detecte un objeto en su trayectoria y pueda detener completamente el vehículo antes de llegar a él. La distancia de visibilidad de frenado tiene dos componentes:

❖ Distancia de reacción

Es la distancia descrita por el vehículo, conducido por un conductor promedio, desde el momento que ve el objeto, hasta que su pie toca el pedal del freno.

Para que ocurra esta distancia de reacción, es necesario que transcurra un lapso de tiempo conocido como tiempo de reacción, el cual es el lapso que transcurre entre el momento que el conductor reconoce la existencia de un obstáculo en la plataforma adelante que requiere frenar, hasta el instante en que el conductor aplica realmente los frenos. En la mayoría de los casos, el conductor no solo debe percibir el objeto, sino que también debe reconocerlo como un objeto inmóvil o de lento movimiento, contrastándolo con el fondo de la plataforma y otros objetos, tales como muros, alambrados, árboles, postes o puentes. Tales determinaciones toman tiempo, la cual varía considerablemente dependiendo de la distancia al objeto, la acuciosidad visiva del conductor, su rapidez natural de reacción, la visibilidad atmosférica, la condición de la plataforma y la naturaleza del obstáculo. Diferentes estudios estiman

este tiempo de reacción en valores entre 0,70 seg y 1,70 seg, siendo recomendados hasta para conductores longevos que el tiempo de frenado de 2,5 seg supera el 90 percentil de los tiempos de reacción de la mayoría de los conductores.

❖ Distancia de frenado

Es la distancia recorrida por un vehículo desde el momento que se aplican los frenos hasta que se detiene totalmente.

La AASHO (American Association of State Highway Officials) acepta para la determinación de la distancia de frenado, el resultado de igualar la energía cinética que posee un vehículo en movimiento al iniciarse el frenado, con el trabajo realizado por la fuerza aplicada para detenerlo lo cual se representa mediante la expresión:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = W \cdot f \cdot d_f \quad (3.5)$$

Donde:

d	Distancia de frenado
V	Velocidad al iniciar el frenado
f	Coefficiente de rozamiento entre el vehículo y el pavimento
m	Masa del vehículo
W	Peso del vehículo

Sustituyendo la masa por el peso del vehículo sobre la aceleración de gravedad, obtenemos la siguiente relación:

$$\frac{1}{2} (W/g) \cdot V^2 = W \cdot f \cdot d_f$$

Despejando la distancia de frenado podemos expresarla como:

$$d_f = \frac{1}{2} \cdot \frac{V^2}{f \cdot g}$$

Considerando la aceleración de gravedad $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ y la velocidad expresada en km/h , obtendremos la distancia en metros mediante la siguiente expresión:

$$d_f = \frac{V^2}{254 \cdot f} \quad (3.6)$$

Donde:

- d Distancia de frenado (*metros*)
- V Velocidad al iniciar el frenado (*km/h*)
- f Coeficiente de rozamiento entre el vehículo y el pavimento

En esta fórmula, el factor (f) se usa como un valor único para todo cambio de velocidad, mientras que se ha demostrado que en realidad disminuye a medida que la velocidad aumenta, y depende de muchos elementos físicos, tales como la presión y composición de los neumáticos, tipo y condición de la superficie de rodamiento y la presencia de agua, hielo o barro.

La normas AASHTO (1994), establece que la distancia de frenado se ve alterada por efecto de la pendiente del eje de la vialidad y su fórmula estándar es:

$$d_f = \frac{V^2}{254 \cdot (f \pm G)} \quad (3.7)$$

Dónde:

- d_f Distancia de frenado (*m*)
- G Pendiente expresada decimalmente
- \pm Signo de la pendiente (+ Ascenso - Descenso)
- f Fricción longitudinal
- V Velocidad (*km/h*)

Para calcular las correcciones por pendiente en bajada se utiliza la velocidad de proyecto, y la velocidad de circulación media para las de subida, considerando el criterio que se encuentra basado en el efecto que tienen las pendientes de

descendientes o ascendentes sobre la velocidad de los vehículos, especialmente en los de carga pesada.

Debido a los bajos coeficientes de fricción sobre los pavimentos húmedos en cuanto se les compara con los secos, la condición de calzada húmeda gobierna la determinación de las distancias para usar en el diseño.

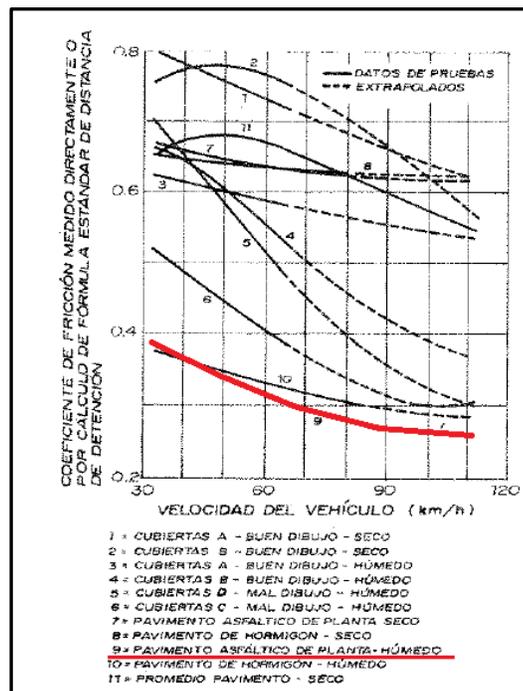


Figura 3.2 Resistencia al patinaje para cubiertas y pavimentos en diferentes condiciones.

Tabla 3.2 Coeficiente de rozamiento para diferentes velocidades de proyecto

Velocidad de Diseño (Km/h)	Coeficiente de Rozamiento Longitudinal (<i>f_l</i>)
50	0,30 – 0,35
65	0,26 – 0,32
80	0,24 – 0,30
95	0,23 – 0,29
110	0,22 – 0,28
130	0,21 – 0,27

La norma Americana “A Police on Geometric Design of Highways and streets (2001)”, publicadas por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), expresa que:

La mayoría de los conductores desaceleran a una tasa mayor de $4,5 \text{ m/s}^2$ cuando se los confronta con la necesidad de detenerse por la presencia de un objeto inesperado en la plataforma. Aproximadamente el 90 por ciento de todos los conductores desaceleran según tasas mayores que $3,4 \text{ m/s}^2$. En este umbral de desaceleración se encuentra implícitas las evaluaciones de que la mayoría de los sistemas de freno de los vehículos, y los niveles de fricción neumático-pavimento de la mayoría de las plataformas, las cuales son capaces de proveer una desaceleración por lo menos de $3,4 \text{ m/s}^2$.

Cuando se contempla el promedio de desaceleración de los vehículos de $3,4 \text{ m/s}^2$, la ecuación para la determinación de la distancia de frenado donde el desplazamiento máximo viene dado por la ecuación:

$$d_{max} = \frac{V^2}{2 \cdot a}$$

Donde:

d_{max} Distancia máxima recorrida por el móvil
 V Velocidad de desplazamiento

a Tasa de desaceleración promedio

Por lo que la distancia de frenado en las normas AASHTO (2001) se expresa como:

$$d_f = 0,039 \frac{V^2}{a}$$

Dónde:

d_f Distancia máxima de frenado
 V Velocidad de proyecto (km/h)
 a Tasa de desaceleración promedio (m/s^2)

El efecto de la pendiente en la distancia de frenado según la norma AASHTO (2001), considera que la fórmula es modificada de la siguiente manera:

$$d_f = \frac{V^2}{254 \cdot \left[\left(\frac{a}{g} \right) \pm G \right]} \quad (3.8)$$

Dónde:

d_f Distancia máxima de frenado
 V Velocidad (km/h)
 a Tasa de desaceleración promedio (m/s^2)
 g Aceleración de gravedad (m/s^2)
 G Pendiente expresada decimalmente

❖ Distancia de visibilidad de frenado

$$S = Dr + Df \quad (3.9)$$

Donde:

S Distancia de visibilidad de frenado

Dr Distancia de reacción

Df Distancia de frenado

Norvial establece que los valores mínimos para la visibilidad mínima de frenado, son los indicados en la tabla 3.1, los cuales corresponden a alineamientos horizontales hasta un 2%. Para pendientes mayores deberá corregirse disminuyendo en un 5% por cada porcentaje de aumento de la pendiente en subida o aumentando en un 10% por cada porcentaje adicional de bajada.

Tabla 3.1 Distancia de visibilidad de frenado mínima (NORVIAL)

Velocidad (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia (m)	50	60	75	90	110	130	155	180	210

Tabla 3.1 Distancia de visibilidad de frenado mínima (AASHTO 2001)

Metric					US Customary				
Design speed (km/h)	Brake reaction distance (m)	Braking distance on level (m)	Stopping sight distance		Design speed (mph)	Brake reaction distance (ft)	Braking distance on level (ft)	Stopping sight distance	
			Calculated (m)	Design (m)				Calculated (ft)	Design (ft)
20	13.9	4.6	18.5	20	15	55.1	21.6	76.7	80
30	20.9	10.3	31.2	35	20	73.5	38.4	111.9	115
40	27.8	18.4	46.2	50	25	91.9	60.0	151.9	155
50	34.8	28.7	63.5	65	30	110.3	86.4	196.7	200
60	41.7	41.3	83.0	85	35	128.6	117.6	246.2	250
70	48.7	56.2	104.9	105	40	147.0	153.6	300.6	305
80	55.6	73.4	129.0	130	45	165.4	194.4	359.8	360
90	62.6	92.9	155.5	160	50	183.8	240.0	423.8	425
100	69.5	114.7	184.2	185	55	202.1	290.3	492.4	495
110	76.5	138.8	215.3	220	60	220.5	345.5	566.0	570
120	83.4	165.2	248.6	250	65	238.9	405.5	644.4	645
130	90.4	193.8	284.2	285	70	257.3	470.3	727.6	730
					75	275.6	539.9	815.5	820
					80	294.0	614.3	908.3	910

Note: Brake reaction distance predicated on a time of 2.5 s; deceleration rate of 3.4 m/s² [11.2 ft/s²] used to determine calculated sight distance.

Exhibit 3-1. Stopping Sight Distance

3.2.5 Perfiles longitudinales

Es la sección producida por una serie de superficies verticales que siguen la trayectoria del eje longitudinal de la vialidad. Estos perfiles constan de los datos y la gráfica, los cuales se encuentran constituidos por: Alineamiento, progresivas en kilómetros correspondientes a las secciones transversales, distancias parciales, cotas del terreno, rasante y sub-rasante, así como el corte y el relleno expresado como la diferencia de cota entre la sub-rasante y el terreno natural.

3.2.6 Trazado de perfiles

El trazo de un perfil consiste en dibujar a escala adecuada la vista del punto de vista de su verticalidad los diferentes puntos que comprenden el eje longitudinal o transversal de la vía. La relación de escala en los perfiles longitudinales se puede establecer como 10:1, la escala vertical con respecto a la escala horizontal, no así en los perfiles transversales, donde para efecto de del cálculo de las áreas de las secciones transversales, es conveniente utilizar una relación de escala de 1:1, la vertical con respecto a la escala horizontal. Como mencionamos, los perfiles pueden

dividirse en perfiles longitudinales y perfiles transversales, mejor conocidos como secciones transversales de la vía, a saber:

3.2.7 Curvas verticales

Los alineamientos verticales diferentes, se encuentran unidos mediante lo que denominamos curvas verticales, las cuales pueden encontrarse definidas por curvas circulares o curvas parabólicas simétricas o asimétricas, siendo las parabólicas simétricas las consideradas en el presente estudio.

Las normas de proyecto de carreteras venezolanas, contemplan que la longitud mínima de una curva vertical es de 30,00 metros.

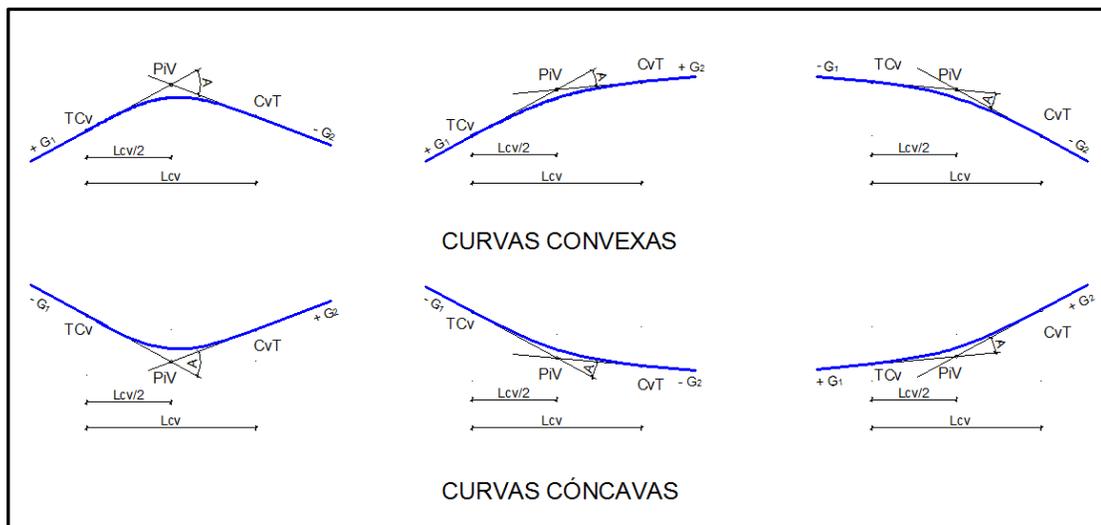


Figura 3.3 Tipos diferentes de curvas verticales. Elaboración propia.

La curva parabólica que conforma la unión de los alineamientos verticales, se encuentra representada por la ecuación:

$$Y = K \cdot X^2 \quad (3.10)$$

Esta ecuación representa una variación de pendiente entre dos puntos consecutivos, linealmente proporcional a la longitud de la proyección horizontal de la curva.

3.2.7.1 Diferencia algebraica de Pendientes

Si llamamos “A” a la diferencia de pendiente existente entre dos alineamientos verticales consecutivos, tal que:

$$A = |P_2 - P_1| \quad (3.11)$$

Donde:

- A: Diferencia algebraica de pendiente
- P_1 : Pendiente del alineamiento de entrada a la curva vertical
- P_2 : Pendiente del alineamiento de salida de la curva vertical

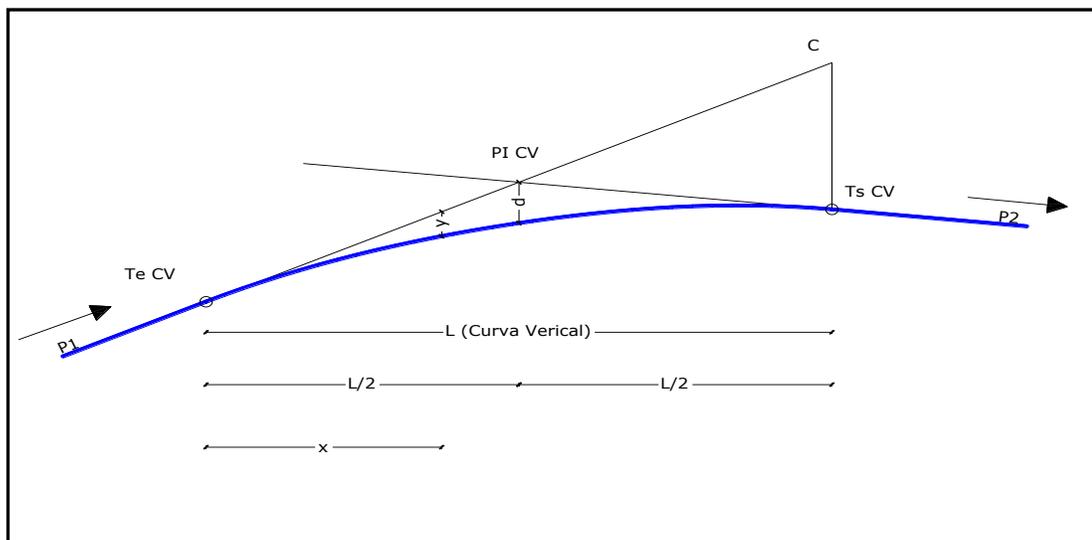


Figura 3.4 Elementos de una curva vertical

3.2.7.2 Factor de curva (K)

La longitud de la curva vertical (L_{CV}) se relaciona con la diferencia de pendiente mediante un factor que identifica a la curva y se manifiesta en toda su longitud, denominado (K).

$$K = \frac{A}{2 L_{CV}} \quad (3.12)$$

3.2.8 Tipos de curva vertical

Según la configuración de los lineamientos de entrada y salida a una curva, pueden clasificarse a esta en dos tipos:

3.2.8.1 Curva vertical cóncava, en columpio o chinchorro.

Entre los criterios establecidos para el diseño de curvas verticales cóncavas, se encuentran: a) la distancia de visibilidad nocturna, b) confort de los pasajeros, c) control de drenaje y d) apariencia general.

Ospina (2002) indica que el análisis de curvas verticales cóncavas se realiza teniendo en cuenta la visibilidad nocturna donde la iluminación de los faros delanteros del vehículo juegan un importante papel, ya que la visibilidad diurna no representa ningún papel, ya que se tiene por lo general visibilidad sobre toda la longitud de la curva. Aplicando los diferentes criterios de diseño, se tiene:

- ❖ Cuando la longitud de la curva vertical es mayor que la distancia de visibilidad de frenado $L_{CV} > (S)$.

$$L_{CV} = 2S - \frac{0,035S + 2h}{A} \quad (3.13)$$

- ❖ Cuando la longitud de la curva vertical es menor que la distancia de visibilidad de frenado $L_{CV} < (S)$.

$$L_{CV} = \frac{A \cdot S^2}{0,035 \cdot S + 2 \cdot h} \quad (3.14)$$

Donde:

L_{CV} : Longitud e la curva vertical (m)
 S : Distancia de visibilidad de frenado (m)
 A : Diferencia algebraica de pendiente
 h : Altura de faros delanteros (m)

Por apariencia en curvas verticales cóncavas la longitud mínima de la curva vertical viene dada por:

$$L_{min}CV = 30 \cdot A \quad (3.15)$$

Dónde:

$L_{min}CV$ Longitud mínima de la curva vertical cóncava (m)
 A Diferencia de pendiente entre alineamiento expresado en (%)

3.2.8.2 Curva vertical convexa o cresta

Las curvas convexas se diseñan para que en toda su longitud se cumpla la distancia de visibilidad de frenado para la velocidad de diseño, siendo este un criterio diurno, la cual se debe cumplir para una de las dos condiciones siguientes:

- ❖ Cuando la longitud de la curva vertical es mayor que la distancia de visibilidad de frenado $L_{CV} > (S)$.

$$L_{CV} = 2S - 2 \cdot \frac{(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}{A} \quad (3.16)$$

- ❖ Cuando la longitud de la curva vertical es menor que la distancia de visibilidad de frenado $L_{CV} < (S)$.

$$L_{CV} = \frac{A \cdot S^2}{(\sqrt{2H} + \sqrt{2h})^2} \quad (3.17)$$

Donde:

L_{CV} :	Longitud de la curva vertical (m)
S :	Distancia de visibilidad de frenado (m)
A :	Diferencia algebraica de pendiente
H :	Altura de Ojo del conductor (m)
h :	Altura del objeto (m)

Según Las normas AASHTO las longitudes mínimas de las curvas verticales convexas, es satisfactoria de acuerdo a las longitudes de curva vertical determinadas mediante el criterio de la distancia de visibilidad de frenado, no obstante, en los estados unidos se suele considerar como longitud mínima la expresada mediante la fórmula:

$$L_{min}CV = 0,60 Vp \quad (3.18)$$

Dónde:

$L_{min}CV$	Longitud mínima de curva vertical (<i>metros</i>)
V_p	Velocidad de proyecto (<i>km/h</i>)

3.2.8.3 Alturas de diseño para curvas verticales

- ❖ Altura de diseño para curvas cóncavas

Tanto la norma venezolana (NORVIAL 1985), como las normas AASHTO (1994 y 2001): establecen como altura de los faros delanteros de un

vehículo en 600 mm (0,60 m) y la abertura de la divergencia del haz de luz se estima de 1° , respecto al eje longitudinal del vehículo.

❖ **Altura de diseño para curvas convexas**

La norma AASHTO 1994: establece como altura de ojo (H) 1,07 m y como altura del objeto (h) 0,15 m.

La norma AASHTO 2001: establece como altura de ojo (H) 1,08 m y como altura del objeto (h) 0,60 m.

Las normas venezolanas de proyecto de carreteras (NORVIAL): consideran como altura de ojo (H) 1,15 m y como altura del objeto (h) 0,15 m.

Para los cálculos de la distancia de visibilidad de detención se considera una altura de objeto de 0,60 metros, la cual es una racionalización arbitraria y a la cual la presencia en el camino permitiría a los conductores percibirlo y reaccionar ante tal situación. Alturas menores del objeto, resultaría en curvas verticales convexas más largas, sin representar un beneficio tangible en la seguridad de los usuarios. Esta altura representa la altura promedio de las luces traseras de un vehículo.

3.2.9 Ancho de plataforma

Geoméricamente, el ancho de la plataforma depende esencialmente del ancho y número de carriles de circulación, ancho de las bermas de protección, espesor de la estructura del pavimento, sobre ancho en curvas en caso de existir, pendientes transversales de la cunetas; no considerándose los taludes del terraplén, ya sea de corte o relleno.

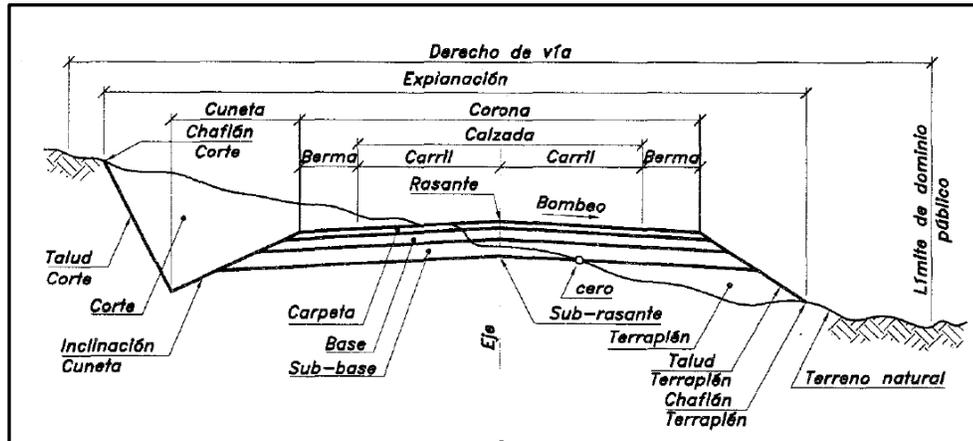


Figura 3.5 Sección transversal típica a media ladera. Cárdena G., J. (2008)

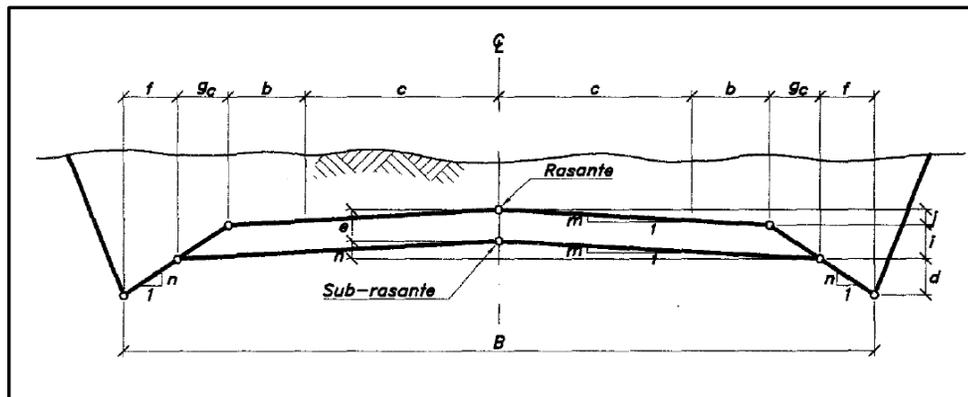


Figura 3.6 Esquema de Sección transversal de una vialidad. Cárdena G., J. (2008)

En la figura (3.6) se esquematiza una sección transversal, para lo cual se definen los siguientes elementos:

B	Ancho de plataforma
C	Ancho de carril
b	Ancho de la berma de protección
e	Espesor total de la estructura de pavimento
$g_c + f$	Ancho de la cuneta, desde el borde de la berma hasta donde se

	inicia el talud del terraplén.
<i>d</i>	Profundidad de la cuneta por debajo de la sub-rasante (0,50 m mínimo)
<i>m</i>	Bombeo del pavimento
<i>n</i>	Pendiente de la cuneta

3.3 Bases Legales

Conforme a lo previsto en el ordinal 7° del artículo 20 de la Ley Orgánica de la Administración Central en concordancia con el artículo 9° de la Ley de Publicaciones Oficiales, el Ministerio de Transporte y comunicaciones dicta con carácter obligatorio las “Normas para el Proyecto de Carreteras”, recomendando cuando sea pertinente el uso de manuales y especificaciones como:

Manual de Mantenimiento Vial, MOP (1971)

Especificaciones para la Construcción de Carreteras, MOP (1975)

Igualmente hace referencia que cuando un caso no se hace referencia en estas especificaciones, consultar las siguientes normas internacionales:

A Policy on Design of Rural Highway, American Association of state Highway and Transportation

Highway Design Manual of Instruction. State de California, Department of Transportation

3.4 Definición de términos básicos

Aforo de tránsito: acción de contar el número de vehículos y personas que circulan en puntos específicos de una vía. En función de los fines y objetivos un aforo incluirá diversos aspectos como sentidos de circulación, variación por unidades de tiempo, composición vehicular, etc.

Alcantarillado: se denomina alcantarillado, red de alcantarillado, red de saneamiento o red de drenaje al sistema de estructuras y tuberías utilizadas para la recogida y transporte de las aguas residuales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan.

Área rural: zona geográfica donde el nivel de desarrollo cultural, técnico y la combinación entre los recursos humanos y naturales, no han permitido el grado de avance en la infraestructura, equipamiento y servicios equiparables a las áreas urbanas, así como actividades económicas que influyen directamente con el uso de suelo.

Área urbana: zona donde se presenta un alto grado de desarrollo en infraestructura, equipamiento y servicios. El uso de suelo es de diversa índole (industrial, habitacional, agropecuario, y de servicios) y su ocupación es de alta intensidad.

Asfalto: es un material viscoso, pegajoso y de color negro, usado como aglomerante en mezclas asfálticas para la construcción de carreteras, autovías o autopistas. También es utilizado en impermeabilizantes. Está presente en el petróleo crudo y compuesto casi por completo de bitumen. Su nombre recuerda el Lago Asfaltites (el Mar Muerto), en la cuenca del río.

Avenida: es una vía importante de comunicación dentro de una población con mayor número de carriles que una calle y generalmente con vegetación en sus aceras.

Calle: es un espacio urbano lineal que permite la circulación de personas y, en su caso, vehículos y da acceso a los edificios y viviendas que se encuentran a ambos lados.

Curvas verticales: son curvas que se diseñan cuando se interceptan dos tangentes en forma vertical de un tramo de carreteras, con el fin de suavizar la

intersección de dos tangentes, por medio de curvas verticales, se crea un cambio gradual entre las tangentes, de este modo se genera una transición, entre una pendiente y otra, cómoda para el usuario de la vía.

Diseño geométrico de carreteras: es la parte más importante ya que nos dará una idea concreta de lo que sea nuestra carretera. Se debe tomar muy en cuenta el tipo de Topografía del terreno porque de esta se determinará su funcionalidad, su costo, su seguridad y otros aspectos importantes de ella.

Distancia visibilidad de paso: se dice que en un determinado punto de la carretera hay visibilidad de paso cuando la visibilidad en dicho punto es suficiente para que el conductor de un vehículo pueda adelantarse a otro, que circula por la misma vía a una velocidad menor, sin peligros de interferencias con otro vehículo que venga en sentido contrario y que se haga visible al iniciarse la maniobra de paso.

Pendiente: tasa constante de ascenso o descenso de una línea. Se expresa usualmente en porcentaje; por ejemplo una pendiente del 4% es aquella que sube o baja 4 metros en una distancia horizontal de 100 metros. Cuando existen pendientes longitudinales no es conveniente que se anule la transversal, como en algunos casos se hace, porque entonces el agua seguirá la dirección del eje de la vía, deteriorará la base y podría llegar a molestar el tráfico.

Peralte: consiste en elevar en las curvas, el borde exterior de las vías una cantidad, para que permita que una componente del vehículo se oponga a la fuerza centrífuga (F_c) evitando de esta manera que el vehículo desvíe radialmente su trayectoria hacia fuera.

Seguridad vial: consiste en la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos, especialmente para la vida y la salud de las personas, cuando tuviera lugar un hecho no deseado de tránsito. También se refiere a las tecnologías empleadas para dicho fin en cualquier vehículo de transporte terrestre

(ómnibus, camión, automóvil, motocicleta y bicicleta).

Trazado preliminar: se determinan las rutas que merezcan un estudio más detallado y se trazan sus alineamientos y perfiles tentativos para realizar los planos de cada una de las zonas.

Velocidad de diseño o de proyecto: es el valor guía o de referencia que permite diseñar los elementos o características mínimas de la sección de la vía en condiciones de comodidad, es también la velocidad segura con que puede circular un vehículo liviano en condiciones favorables por los diferentes elementos tanto horizontales como verticales.

Velocidad de operación: es la velocidad segura y cómoda de un vehículo aislado en un tramo específico de la carretera, sin condicionar la elección de la velocidad por parte del conductor.

Visibilidad frenado: se dice que en un determinado punto de una carretera, hay visibilidad de frenado cuando la visibilidad en dicho punto es suficiente para que el conductor de un vehículo que se desplaza a cierta velocidad pueda detenerlo antes de alcanzar un obstáculo que observa que se encuentra en la vía.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El objeto de la metodología seguida en el presente trabajo, es la de identificar los parámetros y exponer la metodología de cálculo en el análisis de las curvas como elementos de enlaces de alineamientos verticales diferentes en el trazado longitudinal de una vialidad, mediante una metodología lógica y práctica, que permita identificar los elementos que intervienen en su diseño y a su vez sirva de guía en la realización de futuros trabajos para garantizar un buen diseño geométrico de carreteras y vialidades urbanas y extraurbanas, de acuerdo con lo establecido en las normas venezolanas “Normas de Proyectos de Carreteras”, publicadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), así como de diferentes normas internacionales.

Para lo cual, el proyecto presenta la siguiente modalidad metodológica:

4.1 Según el propósito

La investigación estuvo enmarcada dentro del propósito de aplicada, que para Murillo (2016):

La investigación aplicada se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad (p.159).

4.2 Según el nivel de conocimiento

Según, (Hernández Sampieri, 2014, pág. 95), el nivel explicativo está orientado a argumentar las razones de los fenómenos y eventos físicos. Así, su propósito se basa en ilustrar porque se presenta un fenómeno y bajo qué escenarios se manifiesta o en su defecto porque existe una relación entre las variables.

Bajo ésta consideración la investigación pertenece al nivel explicativo. Debido a que buscamos explicar los parámetros utilizados para el diseño de los diferentes tipos de curvas verticales.

El tipo de investigación utilizado es Descriptiva, el cual Arias (2012), define como “caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere” (p.24). Por esta razón, se logró describir a detalle las procedimientos y fórmulas empleadas en el diseño de las curvas verticales en la carretera TO-019, en el tramo comprendido entre la Urbanización el Perú y el Cruce de Las Brisas, en Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar.

Es un estudio descriptivo ya que describe la metodología de cálculo y los parámetros utilizados para el diseño de las curvas verticales, de manera de que estas garanticen visibilidad, seguridad y confort a los usuarios de una determinada vialidad, de acuerdo a las normas establecidas.

4.3 Según la estrategia

Este estudio se ubicó en un diseño no experimental apoyado en una investigación documental de campo. Para Hernández, Fernández y Baptista (2014) la investigación no experimental como “aquella que se realiza sin manipular

deliberadamente variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos” (p. 149). Al mismo tiempo, Arias (2012) define la documental como: “búsqueda, recuperación, análisis, crítico e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresos, audiovisuales o electrónicos. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos (p.27)

El mismo autor define la investigación de campo como “aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental” (p.31).

El presente trabajo se enmarca dentro del tipo de investigación de campo debido a que, se centra en hacer el estudio donde el fenómeno se da de manera natural, de este modo se busca conseguir la situación lo más real posible. La investigación de campo se presenta mediante la manipulación de una variable externa no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causas se produce una situación o acontecimiento particular. Podríamos definirla diciendo que es el proceso que utilizando el método científico, permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad o bien estudiar una situación para diagnosticar necesidades y problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos.

Puesto que esta investigación se realiza en el lugar de los hechos, es decir, donde ocurren los fenómenos estudiados, y por lo inicialmente expuesto en esta sección, éste estudio corresponde a un tipo de investigación de campo, tal como se define en el Manual de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL,

2006): “El análisis sistemático de problemas en la realidad con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia”.

4.4 Población y Muestra

4.4.1 Población

Arias (2012) define población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta quedó delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p.81). En este trabajo, se tomará como referencia a la carretera TO-019, así como los accesos principales a Ciudad Bolívar, en jurisdicción del Municipio Angostura del Orinoco del Estado Bolívar.

4.4.2 Muestra

Según Morlés (1994), La muestra es un “subconjunto representativo de un universo o población”

La amuestra se encuentra constituida por el tramo vial existente sobre la TO-019, comprendido entre la Urbanización El Perú y la intersección con la TO-016 en el sector conocido como Las Brisas, en Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar.

4.4.3 Fases de preparación del proyecto

Para ello, se pretende cumplir con las siguientes fases:

4.4.3.1 Fase I: Planeación del trabajo

En esta fase se recopilará toda la información bibliográfica existente sobre las áreas a estudiar, así como de las diferentes normas y procedimientos para el cálculo y diseño de curvas como elementos de enlaces de alineamientos verticales. Así mismo, se procederá con la revisión de estudios, proyectos e informes técnicos existentes, referidos al área de estudio. Se elaboró un plan de trabajo para presentar el motivo de estudio, para luego realizar la selección de las áreas de interés, también se recopilaran planos digitales provenientes de imágenes satelitales.

4.4.3.2 Fase II: Trabajo de campo

Es esta fase, se realizó la exploración de campo que consistió en la verificación en sitio de la similitud del terreno original con el levantamiento obtenido de la información recabada, así como de los rasgos más característicos.

4.4.3.3 Fase III: Procesamiento, análisis de la información y resultados

En esta fase se realizó la transcripción y ordenamiento de la información recopilada, para proceder al cálculo de los elementos del diseño geométrico en estudio, mediante la utilización de la herramienta Excel, para analizar, calcular y replantear la curva vertical y dibujo en planta y alzado de la geometría y elementos de la curva vertical

4.4.3.4 Fase IV: Alternativas de solución, conclusiones y recomendaciones

Esta fase comprende la culminación de toda la metodología mediante la redacción de las conclusiones y recomendaciones para culminar con la redacción del informe final.

FASE I ↓	PLANEACIÓN DEL TRABAJO	Recopilación Bibliográfica Planificación del trabajo de campo
FASE II ↓	TRABAJO DE CAMPO	Ubicación Geográfica y Cartográfica Exploración de campo
FASE III ↓	PROCESAMIENTO, ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y RESULTADOS	Diseño, cálculo y dibujo de la curva vertical
FASE IV	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	Conclusiones y recomendaciones. Elaboración de informe final

Figura 4.1 Flujoograma de la metodología de trabajo. Los Autores (2021)

4.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

4.5.1 Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos son aquellas que permiten obtener todos los datos necesarios para realizar la investigación del problema que está en estudio mediante la utilización de instrumentos que se diseñarán de acuerdo a la técnica a seguir.

Para la recolección de datos, se utilizó como técnica la observación directa como fuente primaria. Según Claret, (2013):

❖ La observación directa

Es una técnica que se debe emplear para relacionar el sujeto de estudio con el objeto, dotando al investigador de una teoría y un método adecuado para que la investigación tenga una orientación correcta y el trabajo de campo arroje datos exactos y confiables (p. 197).

❖ Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica permitió extraer información de diversas fuentes bibliográficas. Para esta investigación se utilizaron trabajos de grado, normas, internet, publicaciones, y bibliografía especializada.

❖ Consultas académicas

Es una herramienta que permite la recopilación de información, tanto virtual como escrita, por medio de consultas realizadas a tutores y personal expertos en la materia.

4.5.2 Instrumentos de Recolección de datos

Según Arias (2012) “Es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.54).

- ❖ Libreta de anotaciones y lápiz: utilizada para la anotación de la información recopilada en campo, para tomar en cuenta cada detalle y no omitir ninguna información obtenida.
- ❖ Cintas métricas; utilizadas para verificar la dimensiones de los elementos de la vialidad existente.
- ❖ Laptop: utilizada para poder acceder y procesar la información recopilada durante la investigación, utilizando para ello procesadores de texto (Word), manejadores de tablas (Excel), y software AutoCAD para el dibujo de detalles y planos.
- ❖ Cámara fotográfica: para registrar en imágenes elementos y detalles esenciales para la investigación.

4.5.3 Técnicas de análisis

Al tipo de datos recogidos a través de la aplicación de la técnica de la observación directa se logró realizar el análisis e interpretación correspondiente para obtener resultados satisfactorios que permita cumplir con los objetivos planteados y poder generar las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El presente capítulo pretende desarrollar cada uno de los objetivos planteados, de manera que se pueda entender claramente los detalles de la problemática planteada, para la determinación de Las curvas de enlace de los diferentes alineamientos verticales. La sección típica de la vialidad se encuentra constituida por dos (2) canales de circulación, uno por sentido de 3,60 metros, para un ancho total de plataforma de 7,20 metros (Ver figura 5.1).

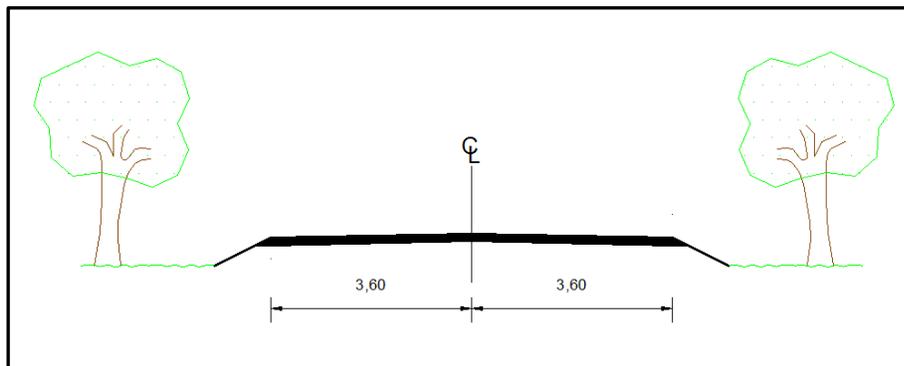


Figura 5.1 Sección Típica Vialidad. Elaboración propia.

La rasante de la vialidad para la construcción del perfil longitudinal, se elaboró a partir de la minuta de campo del levantamiento topográfico entre los puntos (A) y (Y), mediante taquimetría por no ser necesario precisión en el levantamiento, tanto para la determinación de las cotas como de las distancias horizontales.

5.1 Determinación de las principales normas aplicables al diseño geométrico vial de curvas verticales como elementos de enlace de alineamientos verticales.

Entre las normas consideradas para el diseño geométrico vertical, aplicada al perfil longitudinal de la carretera To-019 entre La Urbanización El Perú y el cruce de Las Brisas en su intersección con la To-016, se encuentran la Norma de Proyecto de Carreteras (Norvial), publicadas en 1985 por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), en el capítulo 3.3 correspondiente al alineamiento vertical. Esta norma se encuentra adaptada a la norma americana para el Diseño Geométrico de Carreteras y Calles (AASHTO 1994), sufriendo modificaciones en el año 2001, publicadas como A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, sobre todo en lo referente a la determinación de las distancias de frenado, por eliminar la utilización de la fricción como elemento de diseño, sustituyéndola por valores estadístico de desaceleración que se producen en los vehículos bajo condiciones de humedad en los pavimentos: también se incluye la modificación de la altura de objeto, la cual hasta el 2001 era de 0,15 metros, equiparándola entonces a la altura de los faros traseros de un vehículo de 0,60 metros sobre el pavimento.

5.2 Identificación de los parámetros que intervienen en el cálculo y diseño de elementos de enlaces de los alineamientos verticales de una vialidad.

Las rectas del perfil longitudinal deben enlazarse por medio de curvas verticales, las cuales serán proyectadas de modo que proporcionen por lo menos, la visibilidad mínima requerida para el frenado, incluyendo la distancia de reacción, la misma debe ser confortable y cómoda para los conductores y tener una buena apariencia y un drenaje satisfactorio.

La parábola de eje vertical será la curva normalmente diseñada. Entre los parámetros que intervienen en el cálculo y diseño de curvas parabólicas como

elementos de enlace de alineamiento verticales diferentes, se encuentran las pendientes de estos, los cuales se encuentran limitados por la topografía del relieve y al movimiento de tierras, debido a la construcción de un eje de vialidad en corte o relleno. Además es necesario conocer la pendiente de entrada a la curva vertical para poder establecer la distancia de visibilidad de frenado, la cual conjuntamente con las altura de ojo del conductor, la altura de faros y las altura de un objeto que en un momento determinado pueda constituirse en un obstáculo. Estos factores se conjugan entre si permitiendo estimar mediante relaciones geométricas la longitud de la curva vertical, de manera que cumpla satisfactoriamente el diseño, tanto para las ciurvas verticales cóncavas como convexas.

5.3 Exposición de la metodología de cálculo de una curva como elemento de enlace en alineamientos verticales diferentes.

5.3.1 Metodología para el cálculo de los alineamientos verticales.

Para el cálculo de curvas verticales se debe contar primeramente con los alineamientos a unir, los cuales deben encontrarse definidos por su distancia horizontal y pendiente longitudinales entre los puntos de intersección (PI) de dos curvas consecutivas.

5.3.1.1 Determinación de pendientes de los alineamientos verticales

Una vez levantada la vialidad existente, con la ayuda de la herramienta Autocad®, se determinan los alineamientos, los cuales corresponden a la pendiente máxima determinadas en es tramo entre las curvas verticales existentes. Una vez considerados los diferentes alineamientos se determinan los puntos de intersección (PI) entre dos alineamientos consecutivos. Utilizando la misma herramienta se establecen las distancias horizontales entre ellos y las cotas de cada punto,

procediendo a determinar la pendiente de la siguiente manera:

Para la determinación de las pendientes de los alineamientos 3 y 4.

$$PA\ 3 = \frac{(104,47 - 113,66)\ m}{100 \times 371,78\ m} = -2,4719\ \%$$

$$PA\ 4 = \frac{(115,84 - 104,47)\ m}{100 \times 386,93\ m} = +2,9385\ \%$$

La pendiente (+) significa alineamiento en ascenso y la pendiente (-) indica descenso.

Tabla 5.1 Pendiente en alineamientos existentes

Alineamiento	PI	Cota (m)	Distancia (m)	Pendiente	Diferencia de Pendiente (A)
	A	114.43			
Alineamiento 1			79.57	-0.9677%	
	PI-1	113.66			0.9677%
Alineamiento 2			276.44	0.0000%	
	PI-2	113.66			2.4719%
Alineamiento 3			371.78	-2.4719%	
	PI-3	104.47			5.4104%
Alineamiento 4			386.93	2.9385%	
	PI-4	115.84			6.0472%
Alineamiento 5			476.40	-3.1087%	
	PI-5	101.03			3.6196%
Alineamiento 6			205.52	0.5109%	
	PI-6	102.08			2.2903%
Alineamiento 7			204.56	-1.7794%	
	y	98.44			

5.3.1.2 Tipología del tipo de curva vertical

Identificación del tipo de curva mediante la cual se unen los diferentes

alineamientos mediante el valor de diferencia de pendientes (A) de los alineamientos, (+) curva cóncava y (-) curva convexa.

$$A = P2 - P1$$

$$\text{Curva 1 } A = 0,0000\% - (-0,9677 \%) = +0,9677 \% \text{ (Curva cóncava)}$$

$$\text{Curva 2 } A = -2,4719\% - (0,0000 \%) = -2,4717 \% \text{ (Curva convexa)}$$

$$\text{Curva 3 } A = 2,9835\% - (-2,4719 \%) = +5,4104 \% \text{ (Curva cóncava)}$$

$$\text{Curva 4 } A = -3,1087 \% - (2,9385 \%) = -6,0472 \% \text{ (Curva convexa)}$$

$$\text{Curva 5 } A = 0,5109\% - (-3,1087 \%) = +3.6196 \% \text{ (Curva cóncava)}$$

$$\text{Curva 6 } A = -1,7794\% - (0,5109 \%) = -2,2903 \% \text{ (Curva convexa)}$$

Tabla 5.2 Pendiente de control para la determinación de longitudes de frenado en los alineamientos existentes

Alineamiento	Pendiente Alineamiento	Pendiente de diseño	
Alineamiento 1	-0.9677%		
		Curva 1	-0.9677%
Alineamiento 2	0.0000%		
		Curva 2	0.0000%
Alineamiento 3	-2.4719%		
		Curva 3	-2.9385%
Alineamiento 4	2.9385%		
		Curva 4	2.9385%
Alineamiento 5	-3.1087%		
		Curva 5	-3.1087%
Alineamiento 6	0.5109%		
		Curva 6	0.5109%
Alineamiento 7	-1.7794%		

5.3.2 Determinación de distancias de reacción y frenado a la entrada de las curvas verticales.

5.3.2.1 Determinación de la distancia de reacción

Es aquella correspondiente al recorrido que hace el vehículo desde el momento que el conductor percibe un objeto en la vía hasta el momento en que se aplican los frenos, en un tiempo promedio estimado de 2,5 *seg.*

$$dr_{40} = 40 \text{ km/h} \times 2,5 \text{ s} \times \frac{1000 \text{ m/km}}{3600 \text{ s/h}} = 27,78 \text{ m}$$

$$dr_{60} = 60 \text{ km/h} \times 2,5 \text{ s} \times \frac{1000 \text{ m/km}}{3600 \text{ s/h}} = 41,67 \text{ m}$$

$$dr_{80} = 80 \text{ km/h} \times 2,5 \text{ s} \times \frac{1000 \text{ m/km}}{3600 \text{ s/h}} = 55,56 \text{ m}$$

5.3.2.2 Determinación de las distancias de frenado

Esta distancia es la recorrida por el vehículo desde el momento en que son aplicados los frenos hasta su total detención, para condiciones normales de pavimento bajo de presencia de humedad.

Por ser el tramo carretero correspondiente a una vialidad de dos sentidos de circulación, el acceso a la curva se considerará como más desfavorable, aquella cuya pendiente produzca mayor distancia de frenado.

Al utilizar la ecuación (3.8), considerándola pendiente de acceso mas desfavorable de acceso a la curva vertical, obtenemos los valores expresados en la Apéndice (A.2).

$$d_f = \frac{V^2}{254 \cdot \left[\left(\frac{a}{g} \right) \pm G \right]}$$

5.3.3 Determinación de longitud de curvas verticales

La determinación de longitudes de las curvas verticales dependen principalmente de dos factores como lo son el tipo de curva y la distancia de visibilidad de frenado; de acuerdo al tipo de curva tenemos las curvas cóncavas y las curvas convexas y en cuanto a la distancia de visibilidad de frenado existen dos posibilidades claras, cuando la longitud de la curva vertical es mayor a la distancia de visibilidad de frenado y cuando la longitud de la curva vertical es menor a la distancia de visibilidad de frenado, por lo que es necesario verificar ambas posibilidades, tomando como cierta aquella en que se cumple la condición.

5.3.3.1 Determinación de longitud en curvas cóncavas

En curvas cóncavas por existir visibilidad diurna a lo largo de toda la curva, independientemente de su longitud, prevalece el diseño nocturno, tomando una abertura de la luz producida por los faros del vehículo de 1% y una altura de faros considerada en las normas de 0,60 metros.

Cuando la longitud de la curva vertical es mayor que la distancia de visibilidad de frenado $L_{CV} > (S)$.

$$L_{CV} = 2S - \frac{0,035S + 2h}{A}$$

Cuando la longitud de la curva vertical es menor que la distancia de visibilidad de frenado $L_{CV} < (S)$.

$$L_{CV} = \frac{A \cdot S^2}{0,035 \cdot S + 2 \cdot h}$$

Curva 3 (Velocidad de proyecto de 80 km/h)

Consideramos $L_{CV} > (S)$

$$L_{CV(3)} = 2 \times 134,90 \text{ m} - \frac{0,035 \times 134,90 \text{ m} + 2 \times 0,60 \text{ m}}{5,41 \%} = 160,34 \text{ m}$$

Se cumple que $160,34 > 134,90$, por lo tanto $L_{CV3} = 160 \text{ metros}$

Curva 5 (Velocidad de proyecto de 80 km/h)

Consideramos $L_{CV} > (S)$

$$L_{CV(5)} = 2 \times 135,33 \text{ m} - \frac{0,035 \times 135,33 \text{ m} + 2 \times 0,60 \text{ m}}{3,62 \%} = 106,67 \text{ m}$$

No se cumple que $106,67 \text{ m} > 135,33$, por lo tanto consideramos $L_{CV} < (S)$

$$L_{CV(5)} = \frac{3,62 \% \times (135,33 \text{ m})^2}{0,035 \times 135,33 \text{ m} + 2 \times 0,60 \text{ m}} = 111,68 \text{ m}$$

Se cumple que $111,68 < 135,33$, por lo tanto $L_{CV 5} = 112 \text{ metros}$

Tabla 5.3 Longitud de curvas verticales cóncavas para $V_p = 80 \text{ km/h}$

Vp 80 km/h Curvas Vericales Cóncavas

Curva	Distancia de Visibilidad de Frenado	Tipo de curva	Diferencia de Pendiente (A)	Lcv>S	Lcv<S	Longitud de la curva vertical
Curva 1	130.27	Curva Cóncava	0.9677%	-334.62	28.51	30.00
Curva 3	134.90	Curva Cóncava	5.4104%	160.36	166.28	160.00
Curva 5	135.33	Curva Cóncava	3.6196%	106.65	111.67	112.00

Tabla 5.4 Longitud de curvas verticales cóncavas para $V_p = 60 \text{ km/h}$

Vp 60 km/h Curvas Vericales Cóncavas

Curva	Distancia de Visibilidad de Frenado	Tipo de curva	Diferencia de Pendiente (A)	Lcv>S	Lcv<S	Longitud de la curva vertical
Curva 1	83.69	Curva Cóncava	0.9677%	-259.32	16.41	30.00
Curva 3	86.30	Curva Cóncava	5.4104%	94.59	95.47	95.00
Curva 5	86.54	Curva Cóncava	3.6196%	56.25	64.10	64.00

Tabla 5.5 Longitud de curvas verticales cóncavas para $V_p = 40 \text{ km/h}$

Vp 40 km/h Curvas Vericales Cóncavas

Curva	Distancia de Visibilidad de Frenado	Tipo de curva	Diferencia de Pendiente (A)	Lcv>S	Lcv<S	Longitud de la curva vertical
Curva 1	46.46	Curva Cóncava	0.9677%	-199.11	7.39	30.00
Curva 3	47.61	Curva Cóncava	5.4104%	42.25	42.79	43.00
Curva 5	47.72	Curva Cóncava	3.6196%	16.15	28.72	29.00

5.3.3.2 Determinación de longitud en curvas convexas

En curvas convexas la cresta de la curva puede interferir en la visibilidad del conductor, tanto en horas nocturna como diurnas, por lo tanto decimos que prevalece un diseño diurno, tomando en cuenta la altura de ojo del conductor (1,08 m) y la altura del obstáculo (0,60 m).

Cuando la longitud de la curva vertical es menor que la distancia de visibilidad de frenado $L_{CV} < (S)$.

$$L_{CV} = 2S - 2 \cdot \frac{(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}{A}$$

Cuando la longitud de la curva vertical es mayor que la distancia de visibilidad de frenado $L_{CV} > (S)$.

$$L_{CV} = \frac{A \cdot S^2}{(\sqrt{2H} + \sqrt{2h})^2}$$

Curva 4 (Velocidad de proyecto de 80 km/h)

Considerando $L_{CV} > (S)$

$$L_{CV(4)} = 2 \times 122,51 \text{ m} - 2 \cdot \frac{(\sqrt{1,08} + \sqrt{0,60})^2}{6,05 \%} = 136,21 \text{ m}$$

Se cumple que $136,21 > 122,51$, por lo tanto $L_{CV4} = 136 \text{ metros}$

Curva 6 (Velocidad de proyecto de 80 km/h)

Considerando $L_{CV} > (S)$

$$L_{CV(6)} = 2 \times 127,13 \text{ m} - 2 \cdot \frac{(\sqrt{1,08} + \sqrt{0,60})^2}{2,29 \%} = -33,04 \text{ m}$$

No se cumple que $-33,04 > 127,13$, por lo tanto consideramos $L_{CV} < (S)$

$$L_{CV(6)} = \frac{2,29 \% \times (127,13)^2}{(\sqrt{2 \times 1,08} + \sqrt{2 \times 0,60})^2} = 56,25 \text{ m}$$

Se cumple que $56,25 < 127,13$, por lo tanto $L_{CV6} = 56 \text{ metros}$

Tabla 5.6 Longitud de curvas verticales convexas para $V_p = 80 \text{ km/h}$

Vp 80 km/h		Curvas Vericales Convexas				
Curva	Distancia de Visibilidad de Frenado	Tipo de curva	Diferencia de Pendiente (A)	Lcv>S	Lcv<S	Longitud de la curva vertical
Curva 2	128.18	Curva Convexa	2.4719%	-9.83	61.72	62.00
Curva 4	122.51	Curva Convexa	6.0472%	136.21	137.94	136.00
Curva 6	127.13	Curva Convexa	2.2903%	-33.04	56.25	56.00

Tabla 5.7 Longitud de curvas verticales convexas para $V_p = 60 \text{ km/h}$

Vp 60 km/h		Curvas Vericales Convexas				
Curva	Distancia de Visibilidad de Frenado	Tipo de curva	Diferencia de Pendiente (A)	Lcv>S	Lcv<S	Longitud de la curva vertical
Curva 2	82.52	Curva Convexa	2.4719%	-101.15	25.58	30.00
Curva 4	79.33	Curva Convexa	6.0472%	49.85	57.84	58.00
Curva 6	81.93	Curva Convexa	2.2903%	-123.44	23.36	30.00

Tabla 5.8 Longitud de curvas verticales convexas para $V_p = 40 \text{ km/h}$

Vp 40 km/h		Curvas Vericales Convexas				
Curva	Distancia de Visibilidad de Frenado	Tipo de curva	Diferencia de Pendiente (A)	Lcv>S	Lcv<S	Longitud de la curva vertical
Curva 2	45.93	Curva Convexa	2.4719%	-174.32	7.93	30.00
Curva 4	44.52	Curva Convexa	6.0472%	-19.78	18.21	30.00
Curva 6	45.67	Curva Convexa	2.2903%	-195.95	7.26	30.00

5.4 Diseño de las curvas verticales en el tramo en estudio

El diseño de curvas verticales corresponde a una parábola simétrica teniendo como centro el punto de intersección de los alineamientos. Una vez obtenidas las longitudes de las curvas verticales (L_{CV}) y la diferencia de pendiente entre los alineamientos ($A = |P_2 - P_1|$), donde el valor negativo de $(P_2 - P_1)$ indica la presencia de una curva convexa, mientras que su valor positivo indica una curva cóncava.

Con los valores anteriores se procede mediante la Ecuación 3.12 a determinar el factor de curva, el cual para una curva parabólica es constante a lo largo de toda la curva.

$$K_1 = \frac{0,9677 \%}{2 \times 30 \text{ m}} = 0,000161$$

$$K_2 = \frac{2,4719 \%}{2 \times 62 \text{ m}} = 0,000199$$

$$K_3 = \frac{5,4104 \%}{2 \times 160 \text{ m}} = 0,000169$$

$$K_4 = \frac{6,0472 \%}{2 \times 136 \text{ m}} = 0,000222$$

$$K_5 = \frac{3,6196 \%}{2 \times 112 \text{ m}} = 0,000162$$

$$K_6 = \frac{2,2903 \%}{2 \times 56 \text{ m}} = 0,000204$$

Tabla 5.9 Factor de curva (K)

<i>Curva vertical</i>	<i>Tipo de curva</i>	<i>A</i>	<i>Lcv (m)</i>	<i>K</i>
Curva 1	Curva Cónca	0.9677%	30.00	0.000161
Curva 2	Curva Convexa	2.4719%	62.00	0.000199
Curva 3	Curva Cónca	5.4104%	160.00	0.000169
Curva 4	Curva Convexa	6.0472%	136.00	0.000222
Curva 5	Curva Cónca	3.6196%	112.00	0.000162
Curva 6	Curva Convexa	2.2903%	56.00	0.000204

Tabla 5.10 Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada (Tcv) y salida (cvT) de las curvas verticales.

Punto de Intersección	Progresiva	Cota	Lcv	Progresiva Tcv	Progresiva cvT
PI-1	0+079.57	113.66	30.00	0+064.57	0+094.57
PI-2	0+356.01	113.66	62.00	0+325.01	0+387.01
PI-3	0+727.79	104.47	160.00	0+647.79	0+807.79
PI-4	1+114.72	115.84	136.00	1+046.72	1+182.72
PI-5	1+591.12	101.03	112.00	1+535.12	1+647.12
PI-6	1+796.64	102.08	56.00	1+768.64	1+824.64

Tabla 5.11 Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada (Tcv) y salida (cvT) de la curva vertical 1.

Curva 1	Distancia Horizontal	Cota Alineamiento	K	y	Cota Curva
Tcv	0.00	113.81	0.000161	0.00	113.81
Tcv+1/4 Lcv	7.50	113.73		0.01	113.74
Tcv+1/2 Lcv	15.00	113.66		0.04	113.70
Tcv+3/4 Lcv	22.50	113.59		0.08	113.67
cvT	30.00	113.51		0.15	113.66

Tabla 5.12 Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada (Tcv) y salida (cvT) de la curva vertical 2.

Curva 2	Distancia Horizontal	Cota Alineamiento	K	y	Cota Curva
Tcv	0.00	113.66	0.000199	0.00	113.66
Tcv+1/4 Lcv	15.50	113.66		0.05	113.61
Tcv+1/2 Lcv	31.00	113.66		0.19	113.47
Tcv+3/4 Lcv	46.50	113.66		0.43	113.23
cvT	62.00	113.66		0.77	112.89

Tabla 5.13 Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada (Tcv) y salida (cvT) de la curva vertical 3.

Curva 3	Distancia Horizontal	Cota Alineamiento	K	y	Cota Curva
Tcv	0.00	106.45	0.000169	0.00	106.45
Tcv+1/4 Lcv	40.00	105.46		0.27	105.73
Tcv+1/2 Lcv	80.00	104.47		1.08	105.55
Tcv+3/4 Lcv	120.00	103.48		2.43	105.92
cvT	160.00	102.49		4.33	106.82

Tabla 5.14 Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada (Tcv) y salida (cvT) de la curva vertical 4.

Curva 4	Distancia Horizontal	Cota Alineamiento	K	y	Cota Curva
Tcv	0.00	113.84	0.000222	0.00	113.84
Tcv+1/4 Lcv	34.00	114.84		0.26	114.58
Tcv+1/2 Lcv	57.92	115.54		0.75	114.80
Tcv+3/4 Lcv	102.00	116.84		2.31	114.53
cvT	136.00	117.84		4.11	113.73

Tabla 5.15 Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada (Tcv) y salida (cvT) de la curva vertical 5.

Curva 5	Distancia Horizontal	Cota Alineamiento	K	y	Cota Curva
Tcv	0.00	102.77	0.000162	0.00	102.77
Tcv+1/4 Lcv	28.00	101.90		0.13	102.03
Tcv+1/2 Lcv	50.52	101.20		0.41	101.61
Tcv+3/4 Lcv	84.00	100.16		1.14	101.30
cvT	112.00	99.29		2.03	101.32

Tabla 5.16 Progresivas de los puntos de intersección y Tangentes de entrada (Tcv) y salida (cvT) de la curva vertical 6.

Curva 6	Distancia Horizontal	Cota Alineamiento	K	y	Cota Curva
Tcv	0.00	101.94	0.000204	0.00	101.94
Tcv+1/4 Lcv	14.00	102.01		0.04	101.97
Tcv+1/2 Lcv	28.00	102.08		0.16	101.92
Tcv+3/4 Lcv	42.00	102.15		0.36	101.79
cvT	56.00	102.22		0.64	101.58

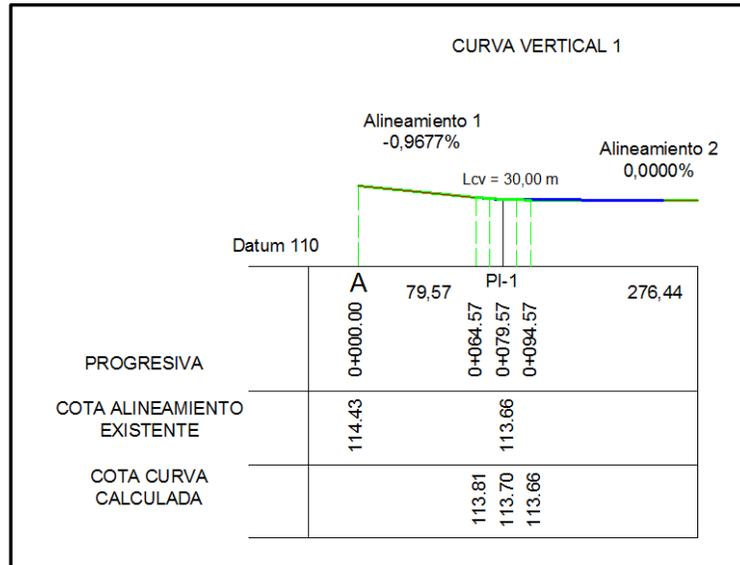


Figura 5.2 Replanteo Curva vertical 1

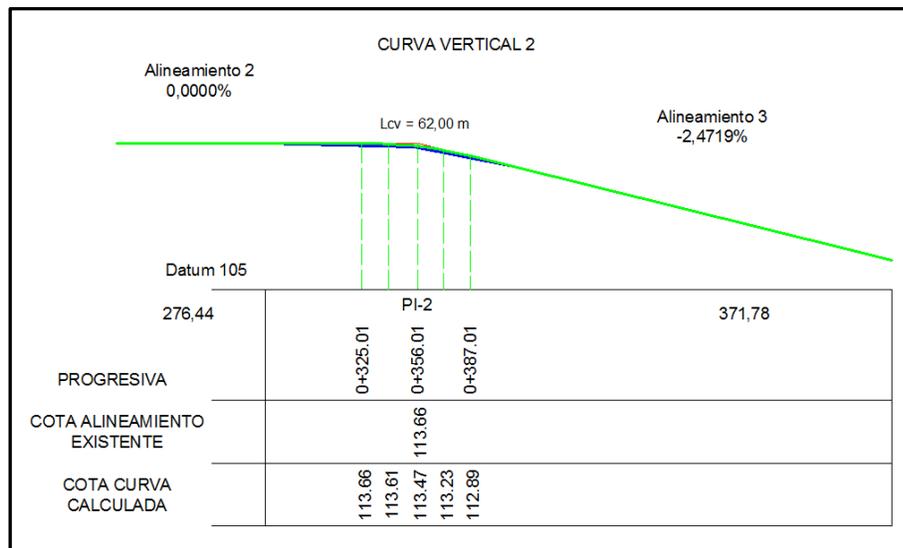


Figura 5.3 Replanteo Curva vertical 2

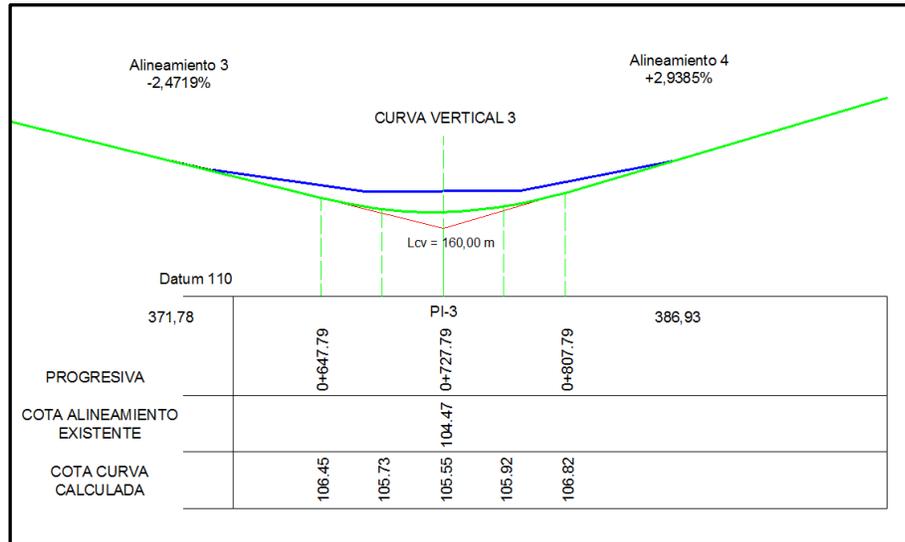


Figura 5.4 Replanteo Curva vertical 3

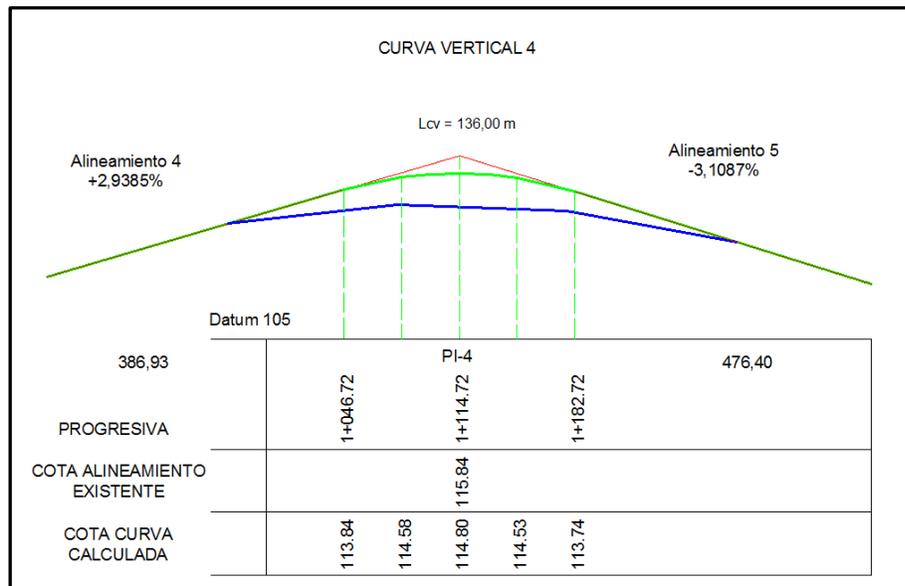


Figura 5.5 Replanteo Curva vertical 4

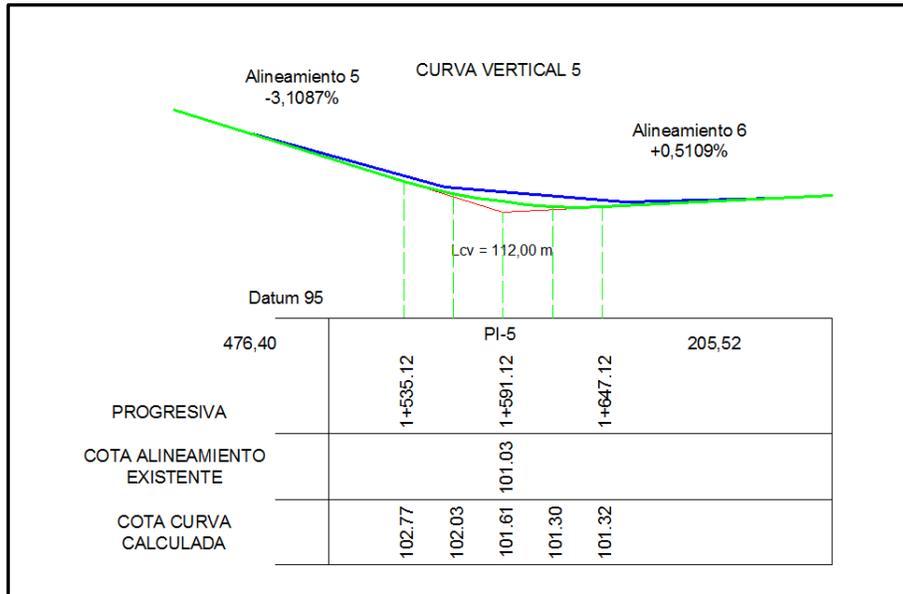


Figura 5.6 Replanteo Curva vertical 5

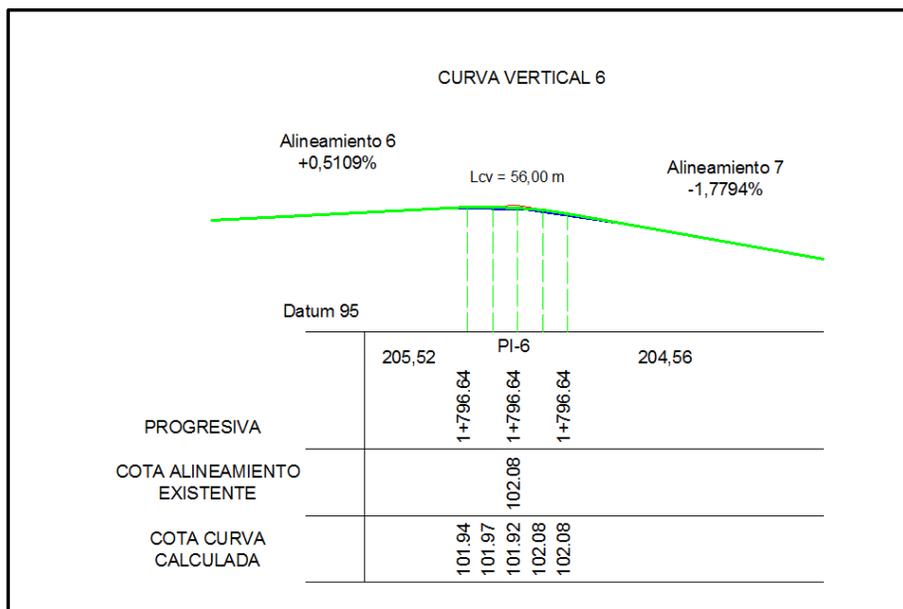


Figura 5.7 Replanteo Curva vertical 6

El replanteo de las curvas verticales permite determinar con mayor exactitud la rasante de la vialidad, lo cual a su vez es un valor necesario para determinar la magnitud del movimiento de tierras a ejecutar durante su construcción, por lo que es necesario realizar el replanteo de las curva a distancias convenientes (Se recomienda cada 40 metros), para poder establecer secciones transversales cuyas áreas permita determinar los volúmenes correspondientes del movimiento de tierra a realizar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

1. El tramo en estudio tiene una longitud horizontal aproximada de 2.001,20 metros, corresponde a una carretera de dos canales de circulación, uno por sentido con canales de 3,60 metros de ancho para una plataforma de 7,20 metros, sin cunetas ni aceras.
2. El levantamiento topográfico permitió determinar la presencia de siete (7) alineamientos verticales diferentes a partir del punto (A) ubicado en la intersección de Las Brisas y el punto (Y) ubicado a la entrada de la Urbanización el Perú.
3. Las pendientes determinadas son: P1 (0,97 %), P2 (0,00 %), P3 (-2,47 %), P4 (+2,94), P5 (-3,11 %), P6 (+ 0,51 %) y P7 (-1,78 %).
4. Los elemento de enlace de estos alineamiento se encuentran constituidos por seis (6) curvas, tres (3) cóncavas y tres (3) convexas.
5. Se estimó una velocidad de proyecto de 80 km/h por tratarse originalmente de un tramo carretero extraurbano, determinándose una distancia de reacción de 55,56 metros, para longitudes totales de visibilidad de frenado contemplando la pendiente de acceso a la curva de 130, 27 metros para la Curva 1, 128,18 metros para la curva 2, 134,90 para la curva 3, 122,51 para la curva 4, 135,33 para la curva 5 y 127,13 para la curva 6.
6. La longitud calculada de las curvas verticales son: Curva 1 (30 m), Curva 2 (62 m), Curva 3 (160 m), Curva 4 (136 m), Curva 5 (112 m) y Curva 6 (56 m).

7. Todas las curvas presenta una longitud de curva mayor que la mínima calculada, por lo todas las curvas cumplen con la distancia mínima de visibilidad frenado para una velocidad de proyecto de 80 km/h.
8. Las normas AASHTO 2001, son las más actualizadas para el diseño geométrico vertical, utilizando una desaceleración por frenada de $3,4 \text{ m/seg}^2$, una altura de objeto de 0,60 metros, una altura de faros de 0,60 metros y una altura de ojo del conductor para vehículos de pasajeros de 1,08 metros.

Recomendaciones:

1. Se recomienda a los organismos competentes en materia de vialidad realizar una actualización de las normas para adecuarlas a las normas americanas AASHTO (2001) y/o posteriores.
2. A pesar que la vialidad objeto de estudio fue diseñada como una carretera extraurbana, esta se encuentra ya dentro del perímetro urbano de la ciudad, y ser uno de las entradas principales, por lo tanto se recomienda rehabilitar dicha vía adaptándola a la sección transversal de la avenida Principal del Perú.
3. Al realizar el proyecto de una vialidad, es necesario darle la importancia que merece el diseño de los elementos de enlace de los alineamientos verticales, porque no permite determinar con mayor exactitud la rasante vial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2012). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:** Introducción a la metodología científica. 6ta edición. Espíteme. Caracas-Venezuela. (P.54).

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). **DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS Y CALLES, AASHTO-1994.** Traducción autorizada EGIC-1997. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). **A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS 2001.**

Cal, Rafael y Mayor R. (2006). **INGENIERÍA DE TRÁNSITO, FUNDAMENTO Y APLICACIONES** 8va Edición. . Mexico.

Capponi, Nelson (2012). **PROPUESTA DE RECTIFICACIÓN GEOMÉTRICA VIAL Y MEJORAS DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA TRONCAL-019, EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA URBANIZACIÓN EL PERÚ Y LA INTERSECCIÓN DE LAS BRISAS.** Trabajo no publicado. Ciudad Bolívar, Venezuela.

Carciente, Jacob. (1985). **CARRETERAS, ESTUDIO Y PROYECTO.** Ediciones Vega S.R.L, Caracas, Venezuela, (pp. 3 - 78).Estado Bolívar.

Cárdenas G., James (2008). **DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS.** Ecoe Ediciones. Bogotá, Colombia (pp.265-348).

Claret, A. (2009). **CÓM HACER Y DEFENDER UNA TÉSIS.** Texto, C.A. Caracas. (pp.145-197).

Constantini, Walter (1979). **APUNTES DE VIAS I.** Universidad de los

Andes. Mérida, Venezuela.

Hernández y Otros (2014). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. 6ta. Edición. México, Mc. Graw/Hill Interamericana.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) (1985). **NORMAS DE PROYECTO DE CARRETERAS (NORVIAL)**. Caracas, Venezuela.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Tabla A.1 Minuta topográfica del tramo comprendido entre la intersección Las Brisas y la av. Principal del Perú

Estación	Pto. Vista	h_i	\angle horizontal	\angle Vertical	l_s	l_m	l_i	Azimut	DH	Δ COTA	COTA	Δ NORTE	Δ ESTE	NORTE	ESTE
E-1		1.580	000° 00' 00"	090° 39' 43"				2.403							
A	A	1.580	269° 20' 10"	093° 23' 44"	1.754	1.580	1.406	0.821						893,236.97	435,392.68
A	E-1	1.580	000° 00' 00"	086° 36' 16"											
B	B	1.580	206° 02' 34"	090° 33' 13"	1.967	1.580	1.193	1.275	77.50	-0.75	113.68	22.55	74.15	893,259.52	435,466.83
B	A	1.580	000° 00' 00"	089° 26' 47"											
C	C	1.580	172° 32' 00"	090° 02' 18"	2.030	1.580	1.130	1.145	90.00	-0.06	113.62	37.16	81.97	893,296.68	435,548.80
C	B	1.580	000° 00' 00"	089° 57' 42"											
D	D	1.580	179° 36' 39"	089° 58' 30"	2.073	1.580	1.087	1.138	98.70	0.04	113.66	41.36	89.62	893,338.04	435,638.42
D	C	1.580	000° 00' 00"	090° 01' 30"											
E	E	1.580	182° 57' 53"	090° 09' 49"	2.020	1.580	1.140	1.190	88.00	-0.25	113.41	32.70	81.70	893,370.74	435,720.12
E	D	1.580	000° 00' 00"	089° 50' 11"											
F	F	1.580	160° 05' 30"	091° 07' 33"	1.860	1.580	1.300	0.843	55.99	-1.10	112.31	37.27	41.80	893,408.01	435,761.91
F	E	1.580	000° 00' 00"	088° 52' 27"											
G	G	1.580	192° 10' 56"	091° 24' 35"	2.034	1.580	1.126	1.055	90.97	-2.24	110.07	44.86	79.17	893,452.87	435,841.09
G	F	1.580	000° 00' 00"	088° 35' 25"											
H	H	1.580	181° 06' 07"	091° 21' 12"	1.955	1.580	1.205	1.075	74.98	-1.77	108.30	35.71	65.95	893,488.58	435,907.04
H	G	1.580	000° 00' 00"	088° 38' 48"											
I	I	1.580	179° 38' 54"	090° 47' 35"	2.080	1.580	1.080	1.068	99.99	-1.38	106.92	48.15	87.64	893,536.74	435,994.68
I	H	1.580	000° 00' 00"	089° 12' 25"											
J	J	1.580	179° 06' 20"	089° 58' 49"	2.090	1.580	1.070	1.053	102.00	0.04	106.95	50.51	88.62	893,587.24	436,083.30
J	I	1.580	000° 00' 00"	090° 01' 11"											
K	K	1.580	180° 00' 31"	088° 53' 18"	2.080	1.580	1.080	1.053	99.98	1.94	108.89	49.50	86.89	893,636.75	436,170.19
K	J	1.580	000° 00' 00"	091° 06' 42"											
L	L	1.580	180° 15' 22"	088° 18' 49"	2.079	1.580	1.081	1.057	99.96	2.94	111.83	49.12	87.11	893,685.86	436,257.29
L	K	1.580	000° 00' 00"	091° 41' 11"											
L	M	1.580	179° 07' 10"	089° 22' 20"	2.080	1.580	1.080	1.042	99.99	1.10	112.93	50.45	86.34	893,736.31	436,343.64

... Cont. Apéndice A.1

Estación	Pto. Vista	h_i	\angle horizontal	\angle Vertical	l_s	l_m	l_i	Azimut	DH	Δ COTA	COTA	Δ NORTE	Δ ESTE	NORTE	ESTE
M	L	1.580	000° 00' 00"	090° 37' 40"	2.080	1.580	1.080	1.046	100.00	-0.35	112.58	50.10	86.54	893,786.41	436,430.18
N	N	1.580	180° 13' 47"	090° 12' 08"	2.080	1.580	1.080	1.046	100.00	-0.35	112.58	50.10	86.54	893,786.41	436,430.18
N	M	1.580	000° 00' 00"	089° 47' 52"	2.080	1.580	1.080	1.050	99.98	-1.84	110.74	49.72	86.76	893,836.14	436,516.94
O	N	1.580	180° 15' 01"	091° 03' 06"	2.080	1.580	1.080	1.050	99.98	-1.84	110.74	49.72	86.76	893,836.14	436,516.94
O	N	1.580	000° 00' 00"	088° 56' 54"	2.080	1.580	1.080	1.050	99.98	-1.84	110.74	49.72	86.76	893,836.14	436,516.94
P	P	1.580	180° 02' 59"	091° 46' 02"	1.939	1.580	1.221	1.051	71.97	-2.22	108.52	35.75	62.50	893,871.88	436,579.44
P	O	1.580	000° 00' 00"	088° 13' 58"	2.079	1.580	1.081	1.048	99.95	-3.11	105.41	49.95	86.63	893,921.83	436,666.07
Q	Q	1.580	179° 48' 01"	091° 47' 05"	2.079	1.580	1.081	1.048	99.95	-3.11	105.41	49.95	86.63	893,921.83	436,666.07
Q	P	1.580	000° 00' 00"	088° 12' 55"	2.119	1.580	1.041	1.051	107.96	-3.00	102.41	53.65	93.73	893,975.48	436,759.80
R	R	1.580	180° 10' 50"	091° 35' 28"	2.119	1.580	1.041	1.051	107.96	-3.00	102.41	53.65	93.73	893,975.48	436,759.80
R	Q	1.580	000° 00' 00"	088° 24' 32"	2.090	1.580	1.070	1.049	102.00	-0.84	101.57	50.80	88.45	894,026.28	436,848.25
S	S	1.580	179° 54' 63"	090° 28' 22"	2.090	1.580	1.070	1.049	102.00	-0.84	101.57	50.80	88.45	894,026.28	436,848.25
S	R	1.580	000° 00' 00"	089° 31' 38"	2.005	1.580	1.155	1.032	85.00	0.25	101.82	43.64	72.94	894,069.92	436,921.20
T	T	1.580	178° 58' 42"	089° 49' 45"	2.005	1.580	1.155	1.032	85.00	0.25	101.82	43.64	72.94	894,069.92	436,921.20
T	S	1.580	000° 00' 00"	090° 10' 15"	1.667	1.580	1.493	0.982	17.50	0.09	101.91	9.72	14.55	894,079.64	436,935.75
U	U	1.580	177° 08' 58"	089° 42' 33"	1.667	1.580	1.493	0.982	17.50	0.09	101.91	9.72	14.55	894,079.64	436,935.75
U	T	1.580	000° 00' 00"	090° 17' 27"	1.770	1.580	1.390	0.712	38.00	0.00	101.91	28.77	24.83	894,108.41	436,960.58
V	V	1.580	164° 32' 08"	089° 59' 47"	1.770	1.580	1.390	0.712	38.00	0.00	101.91	28.77	24.83	894,108.41	436,960.58
V	U	1.580	000° 00' 00"	090° 00' 13"	1.847	1.580	1.313	0.248	53.49	-0.93	100.98	51.87	13.12	894,160.28	436,973.70
W	W	1.580	153° 23' 57"	090° 59' 29"	1.847	1.580	1.313	0.248	53.49	-0.93	100.98	51.87	13.12	894,160.28	436,973.70
W	V	1.580	000° 00' 00"	089° 00' 31"	2.025	1.580	1.135	6.215	85.98	-1.66	99.33	85.80	-5.89	894,246.07	436,967.81
X	X	1.580	161° 52' 48"	091° 06' 12"	2.025	1.580	1.135	6.215	85.98	-1.66	99.33	85.80	-5.89	894,246.07	436,967.81
X	W	1.580	000° 00' 00"	088° 53' 48"	1.885	1.580	1.275	6.178	60.99	-0.89	98.44	60.66	-6.39	894,306.74	436,961.42
Y	Y	1.580	177° 54' 53"	090° 49' 56"	1.885	1.580	1.275	6.178	60.99	-0.89	98.44	60.66	-6.39	894,306.74	436,961.42

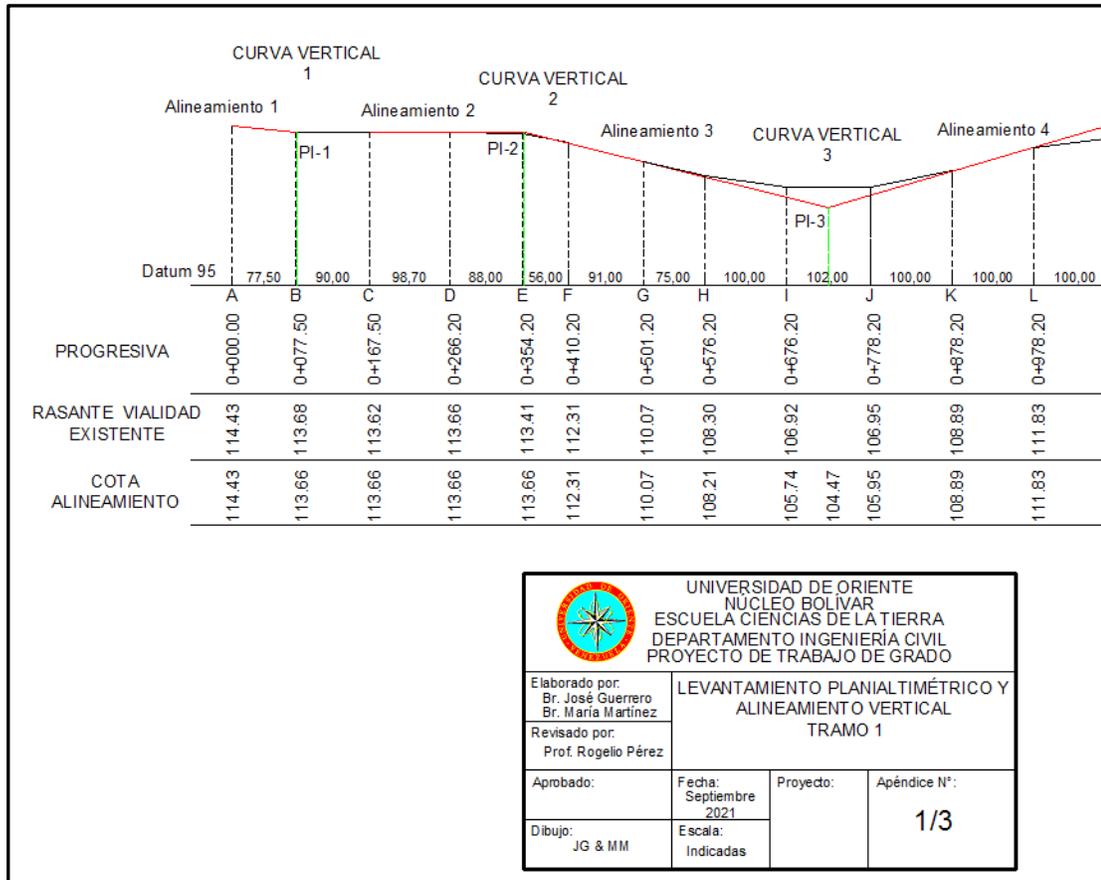
Tabla A.2 Distancias de Reacción, Frenado y Visibilidad de frenado para cada alineamiento

Curva	Distancia de Reacción (m)	Distancia de Frenado (m)	Distancia de Visibilidad de Frenado	Distancia de Reacción (m)	Distancia de Frenado (m)	Distancia de Visibilidad de Frenado	Distancia de Reacción (m)	Distancia de Frenado (m)	Distancia de Visibilidad de Frenado
Velocidad de Proyecto	40 km/h			60 km/h			80 km/h		
Curva 1	27.78	18.68	46.46	41.67	42.02	83.69	55.56	74.71	130.27
Curva 2	27.78	18.16	45.93	41.67	40.85	82.52	55.56	72.63	128.18
Curva 3	27.78	19.84	47.61	41.67	44.63	86.30	55.56	79.35	134.90
Curva 4	27.78	16.74	44.52	41.67	37.66	79.33	55.56	66.96	122.51
Curva 5	27.78	19.94	47.72	41.67	44.87	86.54	55.56	79.77	135.33
Curva 6	27.78	17.89	45.67	41.67	40.26	81.93	55.56	71.57	127.13

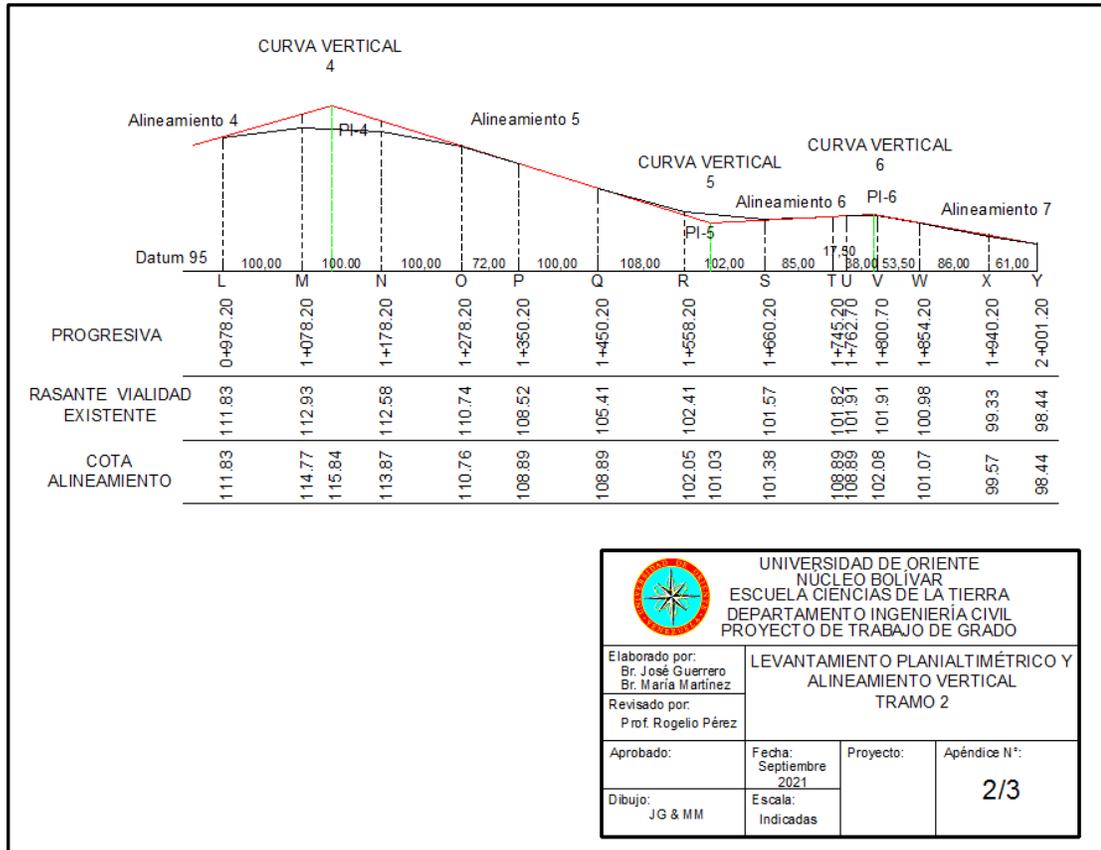
Tabla A.3 Pendientes y diferencia de pendientes entre los alineamientos

Alineamiento	PI	Cota (m)	Distancia (m)	Pendiente	Diferencia de Pendiente (A)
	A	114.43			
Alineamiento 1			79.57	-0.9677%	
	PI-1	113.66			0.9677%
Alineamiento 2			276.44	0.0000%	
	PI-2	113.66			2.4719%
Alineamiento 3			371.78	-2.4719%	
	PI-3	104.47			5.4104%
Alineamiento 4			386.93	2.9385%	
	PI-4	115.84			6.0472%
Alineamiento 5			476.40	-3.1087%	
	PI-5	101.03			3.6196%
Alineamiento 6			205.52	0.5109%	
	PI-6	102.08			2.2903%
Alineamiento 7			204.56	-1.7794%	
	y	98.44			

APÉNDICE B
PLANOS PERFIL LONGITUDINAL Y ALINEAMIENTOS
VERTICALES



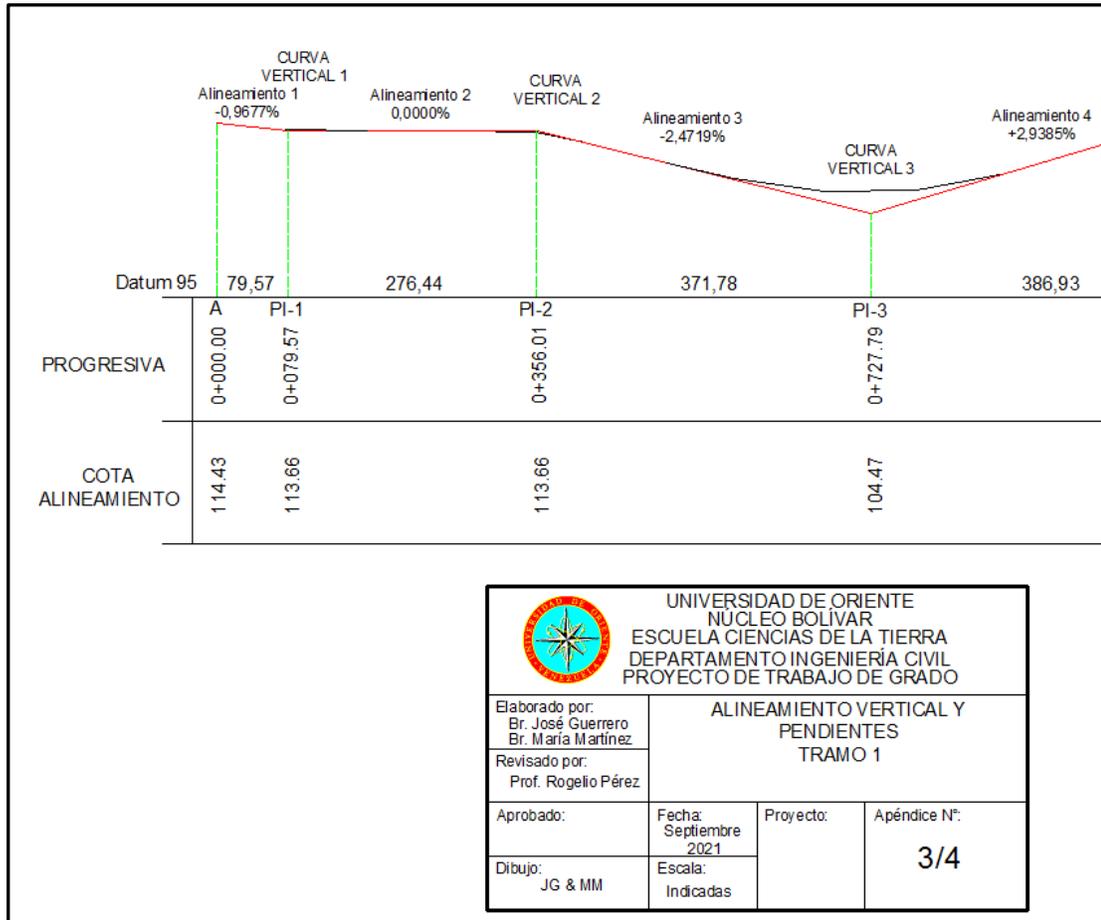
Apéndice B.1 Levantamiento Planialtimétrico y alineamiento vertical (Tramo 1)




UNIVERSIDAD DE ORIENTE
 NÚCLEO BOLÍVAR
 ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA
 DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL
 PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

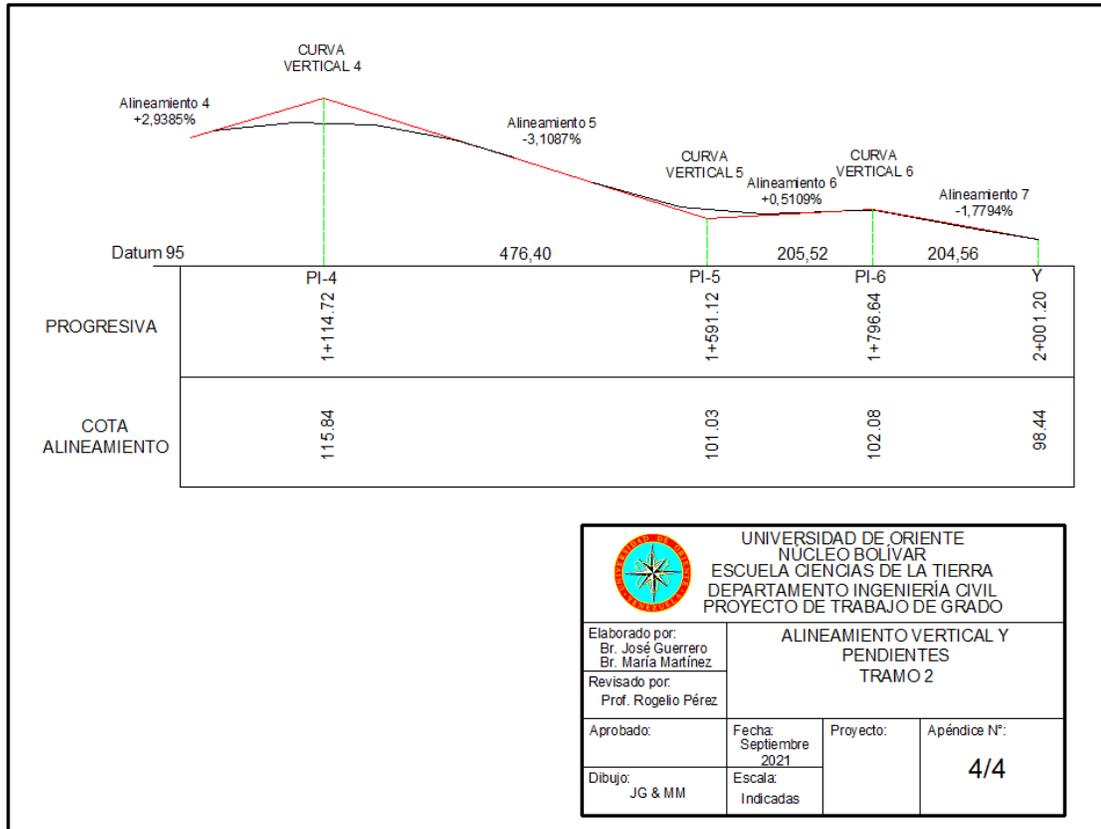
Elaborado por: Br. José Guerrero Br. María Martínez	LEVANTAMIENTO PLANIALTIMÉTRICO Y ALINEAMIENTO VERTICAL TRAMO 2		
Revisado por: Prof. Rogelio Pérez	Aprobado:	Fecha: Septiembre 2021	Apéndice N°: 2/3
Dibujo: JG & MM	Proyecto:	Escala: Indicadas	

Apéndice B.2 Levantamiento Planialtimétrico y alineamiento vertical (Tramo 2)



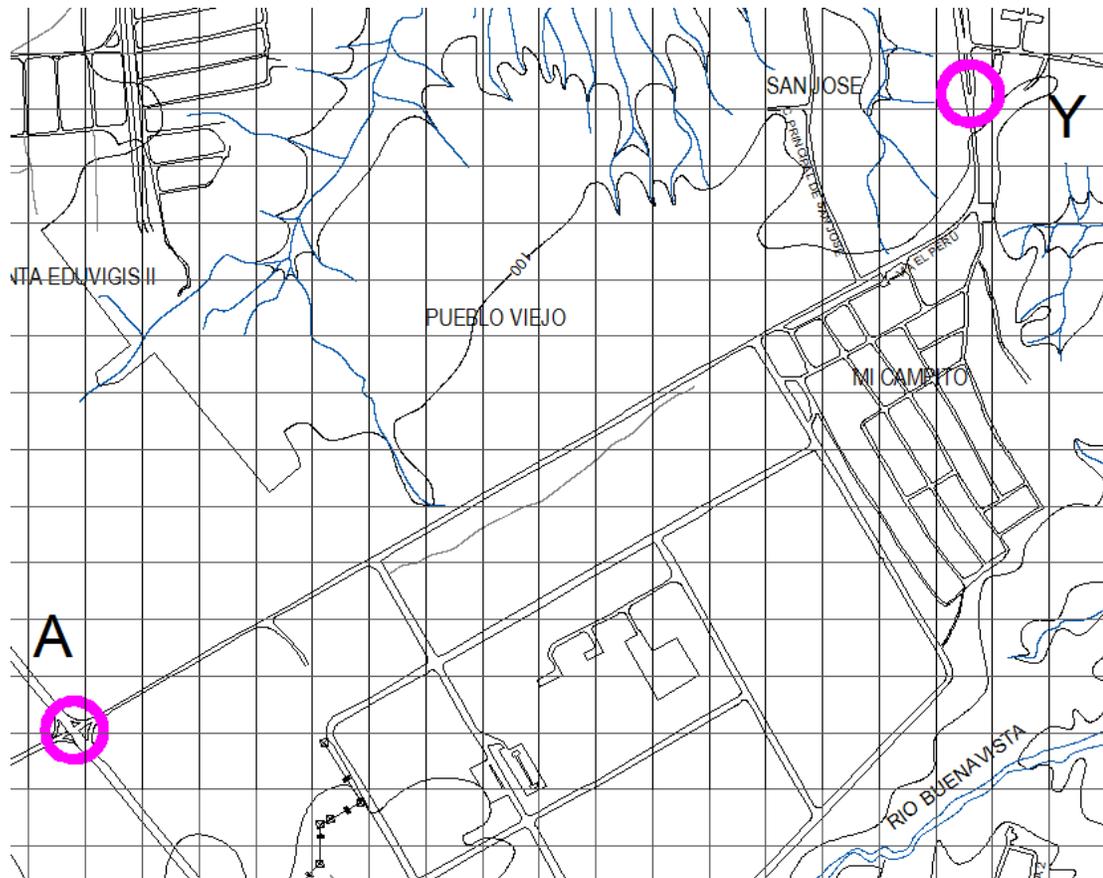
 UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO			
Elaborado por: Br. José Guerrero Br. María Martínez		ALINEAMIENTO VERTICAL Y PENDIENTES TRAMO 1	
Revisado por: Prof. Rogelio Pérez			
Aprobado:	Fecha: Septiembre 2021	Proyecto:	Apéndice N°:
Dibujo: JG & MM	Escala: Indicadas		3/4

Apéndice B.3 Alineamiento vertical y pendientes (Tramo 1)

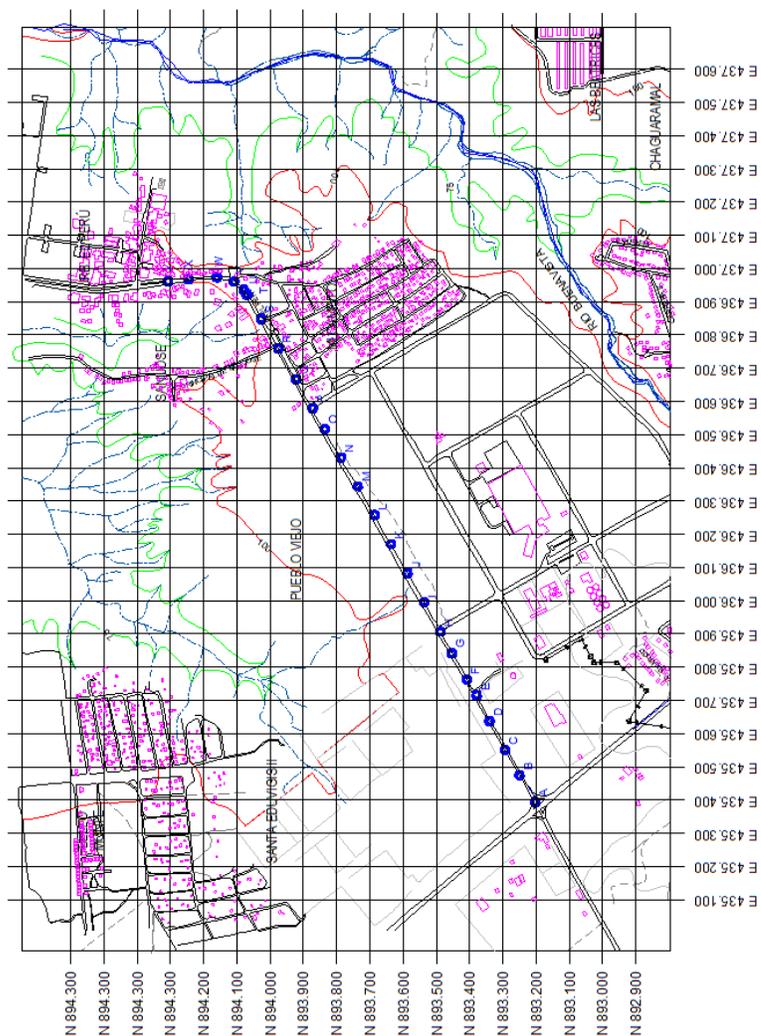


Apéndice B.4 Alineamiento vertical y pendientes (Tramo 2)

ANEXOS



Anexo A.1 Ubicación carretera To-019 entre la Urbanización el Perú y el cruce de Las Brisas.



Anexo A.2 Pntos correspondiente al levantamiento topográfico (Coordenadas REGVEN)

Estudiantes



Asesor Académico

Asesor Industrial

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS QUE CONTROLAN EL DISEÑO DE UNA CURVA COMO ELEMENTO DE ENLACE DE ALINEAMIENTOS VERTICALES DIFERENTES EN LA CARRETERA To-019.
Subtítulo	Análisis de los alineamientos verticales en el tramo comprendido entre la Urb. El Perú y la Intersección de Las Brisas, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco del Estado Bolívar.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Martínez M., María C.	CVLAC	25.193.780
	e-mail	camilay4@gmail.com
	e-mail	
Guerrero M., José I.	CVLAC	25.963.763
	e-mail	jiqm05@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Alineamiento vertical
Curvas verticales
Carretera To-019
Pendiente longitudinal
Secciones Transversales

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias de la Tierra	Dpto. Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

El propósito del presente trabajo de grado presentado a la Universidad de Oriente consiste en analizar las curvas como elementos de enlace de alineamientos verticales para determinar los parámetros que controlan su diseño, dentro de un proyecto vial, para el cual se consideró la vialidad existente To-019 en el tramo comprendido entre el Distribuidor “Las Brisas” y la Urbanización el Perú, en Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco del Estado Bolívar, basado en las normas Venezolanas Norvial (MTC 1985) sobre “Proyecto de Carreteras” y las normas AASHTO (2001) “A Policy on Geometric Design of Highways and streets. En cuanto a su metodología es del tipo descriptiva y de diseño documental y de campo. De tal manera que se realizó una recopilación de datos en campo, con los cuales diagnosticamos las características geométricas de la vialidad existente, así como de trabajos y documentos previos que permitieron determinar el ancho de plataforma necesario a partir de la sección típica de la vialidad existente y el levantamiento taquimétrico del eje vial para establecer el perfil longitudinal de la vialidad en estudio. Todos estos datos fueron recabados mediante herramientas tales como cintas métricas, equipo topográfico, compuesto de teodolito y mira, cámaras fotográficas, calculadora, laptop, bibliografías. A partir de los resultados obtenidos pudimos realizar los estudios pertinentes para llegar a las conclusiones y recomendaciones que nos permitieron resaltar la importancia de este tipo de estudios en las obras de vialidad.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Pérez S. Rogelio	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLA	5553168
	e-mail	rperezs162@gmail.com
	e-mail	
Guevara Orlando	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLA	4983662
	e-mail	oguesa1958@hotmail.com
	e-mail	
Grus Carlos	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8866972
	e-mail	cmgrus@gmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2022	04	27
-------------	-----------	-----------

Lenguaje Español

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis_Curvas_Verticales.docx

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T
U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: Carretera T0-019. Urb. El Perú – Dist. Las Brisas (Opcional)

Temporal: 6 años (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Ingeniería Civil

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolanos Curvelo

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR *Martínez*

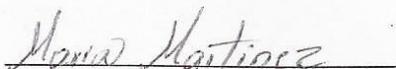
FECHA 05/08/09 HORA 5:30

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

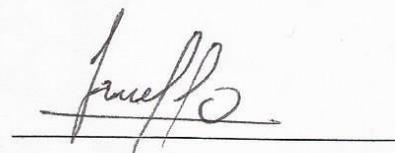
JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

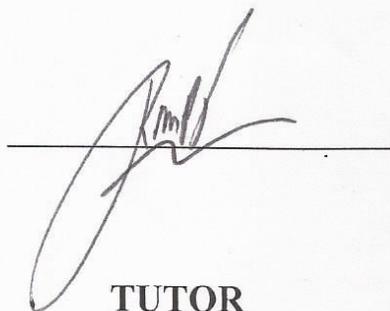
Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "María Martínez", written over a horizontal line.

AUTOR 1

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Juan", written over a horizontal line.

AUTOR 2

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "R. M.", written over a horizontal line.

TUTOR