

**DISEÑO GEOMÉTRICO PRELIMINAR DE LA AMPLIACIÓN A DOBLE
CALZADA DE LA CARRETERA ANTIGUA BUCARAMANGA-
FLORIDABLANCA.**

**NAZLY KARINA CAICEDO QUESADA
FREDDY GONZALO CASTELLANOS RODRÍGUEZ**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2016**

**DISEÑO GEOMÉTRICO PRELIMINAR DE LA AMPLIACIÓN A DOBLE
CALZADA DE LA CARRETERA ANTIGUA BUCARAMANGA-
FLORIDABLANCA.**

**NAZLY KARINA CAICEDO QUESADA
FREDDY GONZALO CASTELLANOS RODRÍGUEZ**

**Trabajo de Grado para optar al Título de
Ingeniero(a) Civil**

Director:

HERNÁN PORRAS DÍAZ

Ingeniero Civil, Ph.D

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Ingeniera SANDRA MILENA COTE VRGAS por su inmensa colaboración en el proceso de este proyecto, por transmitir sus conocimientos y su experiencia en este campo de acción; el cual fue vital para la culminación de nuestros estudios con gran éxito, llevándonos una grata impresión de su profesión como ingeniera, guía y docente de la Universidad Industrial de Santander.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1 ASPECTOS PRINCIPALES DE LA VÍA.	18
2 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA ANTIGUA BUCARAMANGA- FLORIDABLANCA.	20
2.1 DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA.	21
2.1.1 Línea de ceros y de transito:	23
2.1.2 Diseño de curvas horizontales:	24
2.2 DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA.	27
2.2.1 Pendientes longitudinales máximas y mínimas:	27
2.2.2 Longitud mínima:.....	28
2.2.3 Curvas verticales:.....	28
2.3 DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA.....	30
2.3.1 Cuneta de vía urbana:.....	31
2.3.2 Diagrama de Transición del Peralte:	32
2.4 MOVIMIENTOS DE TIERRA.....	35

2.4.1 Levantamiento de las secciones transversales:	35
2.4.2 Taludes:.....	36
2.4.3 Calculo de volúmenes:	37
2.4.4 Diagrama de masas:	38
3 ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA AMPLIACION A DOBLE CALZADA DE LA CARRETERA ANTIGUA.....	41
3.1 GESTION AMBIENTAL	42
3.2 MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL	43
3.2.1 Desarrollo y aplicación de la gestión ambiental.....	43
3.2.2 Manejo y disposición final escombros.	45
3.2.3 Gestión del recurso hídrico:.....	47
3.2.4 Medidas de manejo de Vegetación (Flora):.....	48
3.2.5 Protección vegetal de taludes.	52
3.2.6 Protección de fauna	55
4 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	60

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Funciones Operacionales de la Vía.	20
Tabla 2. Criterios básicos para el Diseño del eje en planta de la carretera.	22
Tabla 3. Cuadro comparativo de alternativas.....	22
Tabla 4. Parámetros para el diseño de curvas simples o con espirales de transición	25
Tabla 5. Velocidad Específica de una curva horizontal (VCH) incluida en un tramo homogéneo con Velocidad de Diseño (VTR).....	26
Tabla 6. Paramentos para el diseño de curvas verticales.....	29
Tabla 7. Especificaciones del perfil tipo	30
Tabla 8. Parámetros para el diseño de la sección transversal.....	31
Tabla 9. Cantidades de acarreo libre y sobreacarreo en corte y terraplén.	40
Tabla 10. Tipos de permisos.....	44

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Propuesta de Sectorización del Municipio de Floridablanca.....	19
Figura 2 Propuesta de Línea de ceros.....	23
Figura 3 Línea de tránsito	24
Figura 4. Perfil tipo 7	30
Figura 5. Berma cuneta de vía urbana.....	31
Figura 6. Giro de rotación de la banca.....	32
Figura 7. Diagrama de transición de peraltes para curvas circulares simples	33
Figura 8. Diagrama de transición de peraltes para curvas con espirales.....	34
Figura 9. Sección transversal tipo modelado en AutoCAD Civil 3D	34
Figura 10. Espaciamiento entre secciones transversales	35
Figura 11. Ancho de la sección.....	36
Figura 12. Talud en corte y terraplén en el diseño de la vía.	37
Figura 13. Método de punto de Rasante.....	39
Figura 14. Método punto de equilibrio.....	39

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Manejo de lodos en base a la Guía de Manejo Ambiental.	45
Gráfica 2. Manejo de escombros en base a la Guía de Manejo Ambiental.	46
Gráfica 3. Manejo de materiales provenientes de deslizamientos en base a la Guía de Manejo Ambiental	46
Gráfica 4. Procedimiento de obras sobre cauces Naturales	47
Gráfica 5 Procedimientos para el traslado de árboles.	51
Gráfica 6 Estrategias para los rescates de fauna.	56

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Zona arborizada desde la carrera 8 con calle 3 hasta el barrio Bellavista	48
Fotografía 2. Zona arborizada desde Bellavista hasta el colegio Metropolitano del Sur.	49
Fotografía 3. Zona arborizada desde el CAI Niza hasta la carrera 33 con calle94a – Las colinas.....	49
Fotografía 4. Zona arborizada desde la vía terrazas hasta el parque la flora.	50
Fotografía 5. . Delimitación zona 1 y 2 Parte posterior al Colegio Vicente Azuero.	52
Fotografía 6. Zona 3 Calle 16 próximos a llegar al barrio Villabel.....	53
Fotografía 7. Zona 4 y 5 Colegio Metropolitano del Sur.....	53
Fotografía 8. Zona 6 Barrio Terrazas, bajo el viaducto la Flora.	54

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A Velocidad Especifica de una curva horizontal incluida en un tramo homogéneo con una velocidad de diseño.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo B.1. Estación y elementos de las curvas en el alineamiento horizontal.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo B.2. Informe del incremento de la estación en el alineamiento horizontal.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo C.1. Informe de los Elementos de las Curvas Verticales.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo C.2 . Elevación y Pendiente de la Rasante cada 20 m.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo C.3. Cartera del Alineamiento Vertical.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo D. Informe de transición de peraltes y bombeo.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo E. Reporte de volúmenes de excavación.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo F. Diseño Geométrico preliminar de la nueva alternativa para la carretera antigua Bucaramanga-Floridablanca.	¡Error! Marcador no definido.

NOTA: LOS ANEXOS CORRESPONDIENTES A ESTE PROYECTO PUEDEN CONSULTARSE EN SALA BASE DE DATOS DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO GEOMÉTRICO PRELIMINAR DE LA AMPLIACIÓN A DOBLE CALZADA DE LA CARRETERA ANTIGUA BUCARAMANGA-FLORIDABLANCA*.

AUTORES: NAZLY KARINA CAICEDO QUESADA**

FREDDY GONZALO CASTELLANOS RODRÍGUEZ**

PALABRAS CLAVE: Diseño geométrico, Ampliación, doble calzada, velocidad, curvas, carretera secundaria, impacto ambiental, medidas, zonas, gestión.

DESCRIPCIÓN: El parque automotor del Área metropolitana de Bucaramanga con los años ha ido aumentando, dando como consecuencia grandes congestiones en vías principales de interrelación entre los municipios, Por ende, se incorpora una nueva alternativa en el diseño de la ampliación a doble calzada de la Carretera Antigua que comunica la ciudad de Bucaramanga con Floridablanca, generando así más opciones de rutas que ayuden a disminuir los tiempos de viaje y a mitigar la demanda de los vehículos. El Software AutoCAD Civil 3D facilita la elaboración del diseño geométrico de una carretera, el cual incorpora funciones que construyen de manera eficiente los diferentes elementos del diseño geométrico, como superficies, alineamientos, perfiles, corredor, transición de peralte, etc.; expuestos a cualquier tipo de modificaciones y reconstrucciones instantáneamente.

Actualmente la madre tierra nos hace un llamado a la conservación de los recursos naturales, y parte de la construcción de obras civiles está acabando con ella; por ello se crea la necesidad de innovar propuestas para estudiar la disminución del impacto ambiental, asimismo el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) creo la guía de manejo ambiental para proyectos de infraestructura, propuesta que se decide acoger para hacer un análisis ambiental sobre el diseño geométrico, en cuanto al manejo de escombros debido a la intervención de predios, medidas de control de fauna y flora, gestión de los recursos hídricos, la protección vegetal de taludes donde se ve afectada por los movimientos de tierra y por último se plantean actividades estratégicas para el control de las emisiones atmosféricas y el ruido.

*Trabajo de grado

**Facultad de ingeniería Físico- Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: PHD Hernán Porras Díaz

ABTRACT

TITLE: DISEÑO GEOMÉTRICO PRELIMINAR DE LA AMPLIACIÓN A DOBLE CALZADA DE LA CARRETERA ANTIGUA BUCARAMANGA-FLORIDABLANCA*.

AUTHOR: NAZLY KARINA CAICEDO QUESADA**

FREDDY GONZALO CASTELLANOS RODRÍGUEZ**

KEYWORDS: Geometric design, Extension, dual carriageway, speed, curves, minor road, environmental impact, measures, áreas, management.

DESCRIPTION: The vehicle fleet at the Bucaramanga Metropolitan area has been increasing through the years, resulting into large traffic jams in the main interconnecting roads between the municipalities. Therefore, it is desired to incorporate a new alternative in the design of the double carriageway extension of the “Carretera Antigua” that links Bucaramanga City with Floridablanca. In this way, more routes options will be generated in order to aid decreasing driving times and vehicle demand. AutoCAD Civil 3D software simplifies the modeling of the road geometric design by incorporating functions that help to build efficiently, with instantaneous modifications and reconstruction, the various elements present in the design such as surfaces, alignments, profiles, roadway corridors, can't transition etc.

Currently, Mother earth makes us a call on the conservation of natural resources, and part of the construction of civil works is killing her; hence it is created the need to innovate proposals for studying the reduction of environmental impact, also the National Institute of Roads (INVIAS, for its acronym in Spanish) created the the guide of environmental management for infrastructure projects, a proposal created for making an ambiental analysis about geometric design, regarding the handling of debris due to the intervention of premises, control measures of wildlife, management of water resources, vegetation slope protection where it affected by earthworks and finally planning strategic activities to control air emissions and noise.

*Trabajo de grado

**Facultad de ingeniería Físico- Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: PHD Hernán Porras Díaz

INTRODUCCIÓN

Debido al alto crecimiento demográfico que ha tenido el Área Metropolitana de Bucaramanga en estos últimos años, los habitantes se han ido expandiendo con una propuesta de vivienda hacia áreas aledañas de la capital, ocasionando la necesidad de un mayor desplazamiento a sus lugares de trabajo, estudio u ocio. De acuerdo con los datos del Ministerio de Transporte (2010), el número de vehículos particulares matriculados en el AMB llegó a los 86.970 autos y 135.206 motocicletas; de estos, 73,4% de los autos y 7,0% de las motos están registrados en Bucaramanga¹. El acelerado incremento del parque automotor genera una demanda donde la oferta de infraestructura vial no logra satisfacer, la inadecuada capacidad vial da como resultado una congestión vehicular con riesgos de accidentalidad, afectando la economía de la ciudad, el medio ambiente y primordialmente la movilidad para los habitantes de bajos recursos.

La carretera antigua Bucaramanga- Floridablanca se incorpora como una alternativa estratégica de conexión entre los dos municipios, mitigando la congestión vehicular por las zonas urbanas y los tiempos de viaje. Al inicio de este documento se presentarán los aspectos principales de la carretera antigua y la importancia de la ampliación de la misma, se harán los respectivos diseños geométricos basados en el Manual de Diseño Geométrico de carreteras 2008, y con la ayuda del software AutoCAD Civil 3D, este medio facilita que el trabajo sea más eficiente en cuanto al desarrollo de los procesos de diseño que inicia desde el alineamiento hasta el cálculo del diagrama de masas, pasando por la creación de perfiles, secciones transversales, cantidades de tierra en corte y terraplén, etc.

¹ ALCALDÍA DE BUACARAMANGA, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. *Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010- 2030* . Bucaramanga, Colombia; 2010. p 31.

Actualmente con los fenómenos asociados al cambio climático nos obligan a renovar las estrategias para combatir con esta problemática, para ello el INVIAS creo una guía de manejo ambiental para proyectos de infraestructura vial, donde se quiere dar a conocer el uso eficiente de los recursos naturales, las buenas prácticas de ingeniería y proyectos sostenibles. Por ende, se quiere implementar estas prácticas en nuestro diseño, mostrando las diferentes medidas ambientales que se pueden instaurar al momento de la ejecución del proyecto.

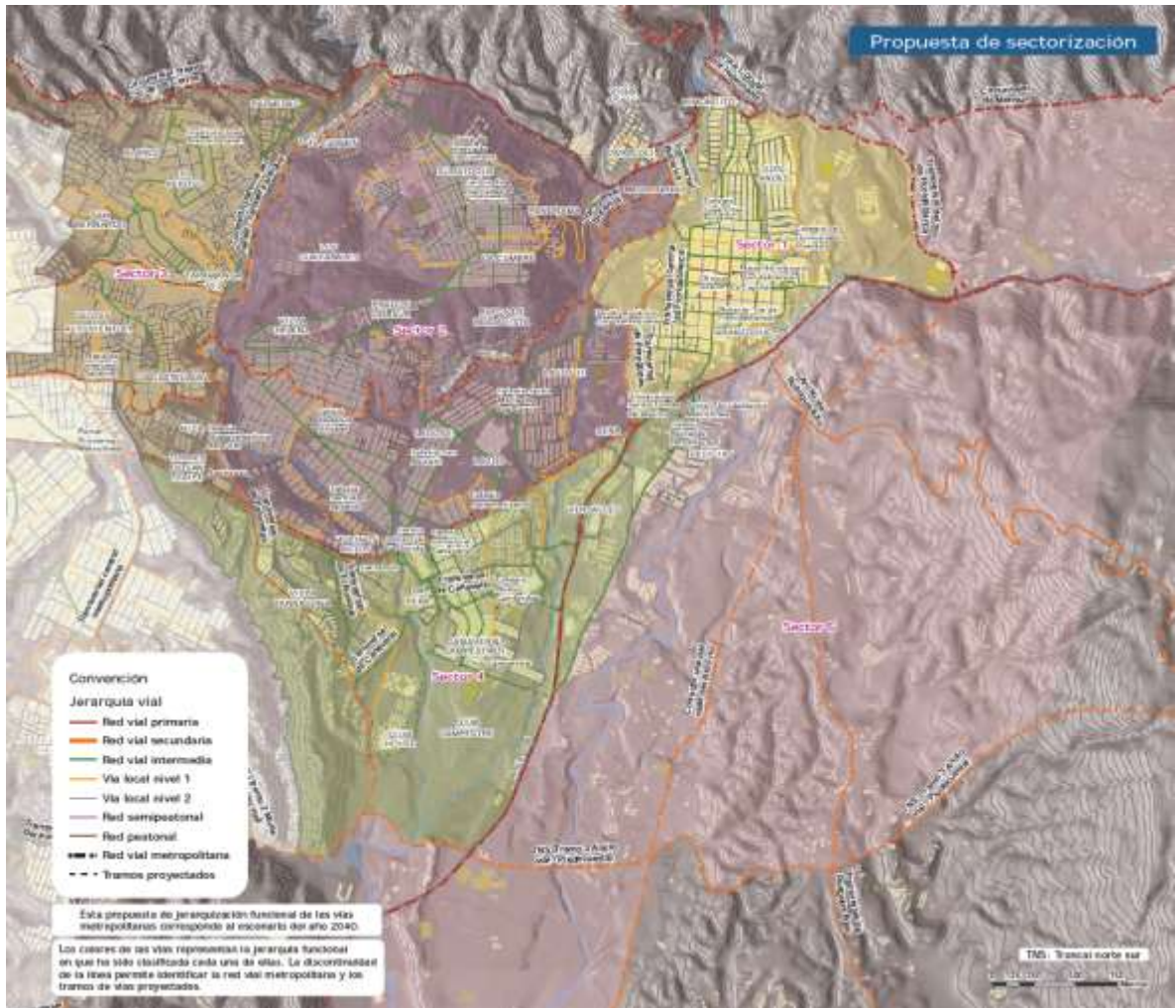
1 ASPECTOS PRINCIPALES DE LA VÍA.

La carretera antigua Bucaramanga- Floridablanca se caracteriza por ser una vía secundaria de interrelación metropolitana con una longitud aproximada de 7.8 km, velocidad de diseño de 50 km/h, una calzada con dos carriles, uno en cada sentido, siendo una de las principales conexiones ente las cabeceras municipales ya que facilita la movilidad de los centros productivos y residenciales de cada municipio. Según el plan maestro de movilidad de Floridablanca esta vía actualmente abarca los sectores de zonificación 1-2-3 (ver figura 1).

Actualmente se están evaluando varios proyectos en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial del Área Metropolitana de Bucaramanga, uno de ellos es la ampliación a doble calzada de la carretera antigua, con una prioridad de grado cuatro, garantizando una mediana efectividad tanto operativa como de costos.

Si se conlleva a la ejecución de este proyecto, dicha alternativa disminuiría el tiempo de viaje de los conductores generando una mayor calidad de vida a los usuarios del Sur – Este del área metropolitana, promoviendo el desarrollo y conexión de los barrios como: La Cumbre, Bellavista, Villabel, Rosales, Lagos entre otros; en consecuencia, la oferta de infraestructura vial lograría saciar la demanda que genera el parque automotor.

Figura 1. Propuesta de Sectorización del Municipio de Floridablanca.



Fuente: Plan Maestro de Movilidad de Floridablanca

2 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA ANTIGUA BUCARAMANGA-FLORIDABLANCA.

Funciones operacionales de la Carretera antigua Bucaramanga-Floridablanca, esta información ayudará para algunos criterios de diseño.

Tabla 1. Funciones Operacionales de la Vía.

Tipología	Carretera Antigua Bucaramanga-Floridablanca
Transporte masivo de pasajeros	Se permiten rutas pretroncales
Transporte colectivo de pasajeros	No se permite
Transporte de carga	No se permite transporte de carga intermunicipal, se permite vehículos de carga para distribución interna, limitados a tres ejes y carga < 15 Ton
Ciclorrutas	Se permite, aislada de la calzada, con desnivel
Carriles totales	2 a 4
Velocidad de diseño	50 Kph

Fuente: Plan Maestro de Movilidad de Floridablanca.

Cartografía

El mapa topográfico (digital) fue obtenido en colaboración con el grupo de investigación Geomática^{***}, este cuenta con curvas separadas cada 2 metros, zona de predios y las principales vías de la ciudad.

A continuación, se procede a realizar el diseño geométrico de una nueva alternativa para la ampliación a doble calzada de la carretera antigua Bucaramanga-Floridablanca, se siguieron los criterios del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 (INVIAS)- Capítulo 2. Controles para el diseño Geométrico, capítulo 3. Diseño en planta del eje de la carretera, capítulo 4. Diseño en perfil del eje de la carretera y capítulo 5. Diseño de la sección transversal de la carretera

2.1 DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA: Primeramente, se establece algunos criterios básicos para el diseño en planta como: el tipo de terreno, categoría de la carretera, pendiente máxima del corredor y la velocidad de tramo homogéneo (VTR). Ver tabla 2

Para iniciar con el diseño geométrico del corredor se recopila información secundaria de movilidad en el proyecto de grado: **“Diseño y simulación en fase preliminar de la ampliación a doble calzada de la carretera antigua Bucaramanga-Floridablanca”**², donde se establecieron volúmenes de tránsito por medio del software TransCAD y se proponen 3 diferentes alternativas de la vía con sus respectivas Velocidades de Tramo (VTR). Ver tabla 3

^{***} Se hicieron modificaciones en modo digital de mapa topográfico, debido a que se encontraron curvas separadas con el mismo nivel de altura.

² MENDOZA PINTO, Laura y HERNÁNDEZ MURILLO, Rafael. *Diseño y simulación en fase preliminar de la ampliación a doble calzada de la carretera antigua Bucaramanga- Floridablanca*. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2015

Tabla 2. Criterios básicos para el Diseño del eje en planta de la carretera.

Tipología	Criterio de diseño
Tipo de terreno	Montañoso (pendiente transversal 21°)
Categoría de la carretera	Secundaria
Velocidad de Tramo Homogéneo (VTR)	40-70 km/ h
Pendiente media máxima del corredor (PMmáx)	7%

Tabla 3. Cuadro comparativo de alternativas.

Alternativa	Aprovechamiento del corredor actual	VTR(kph)	Afectación predial y social
1	88.96%	20-30	Baja
2	73.60%	40-50	Media
3	55.46%	50-60	Alta

Fuente: Diseño y simulación en fase preliminar de la ampliación a doble calzada de la carretera antigua Bucaramanga-Floridablanca.

La alternativa 2 fue la propuesta más viable, aprovechando una parte importante del corredor vial, generando una afectación predial y social aceptable, proyectándose como la mejor opción en cuanto a factores técnicos y económicos****.

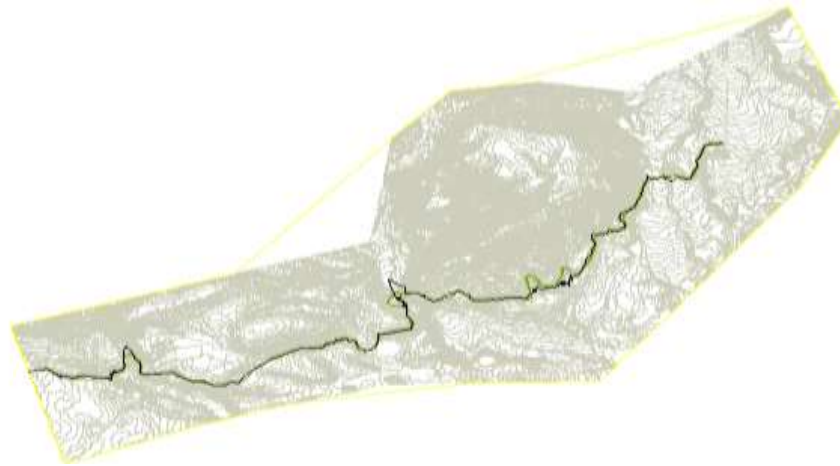
De acuerdo con lo anterior el Diseño geométrico de la ampliación de corredor se realiza con un VTR de 50 km/h, encontrándose en el rango establecido en la tabla 2 y en la información recopilada en el Plan Maestro de Movilidad de Floridablanca.

**** Para el diseño geométrico de la alternativa dos, se realizaron modificaciones en el alineamiento para satisfacer todos los criterios que contiene el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 (INVIAS).

2.1.1 Línea de ceros y de transito: Se hace el trazado de la línea de ceros con una Pendiente Media máxima del 7%, dando como resultado una longitud de 28 m entre curvas de nivel (ecuación 1). Esta se debe dibujar lo más cercano al corredor actual para que al momento del diseño de la ampliación se reutilice gran parte de la vía establecida. Ver figura 2

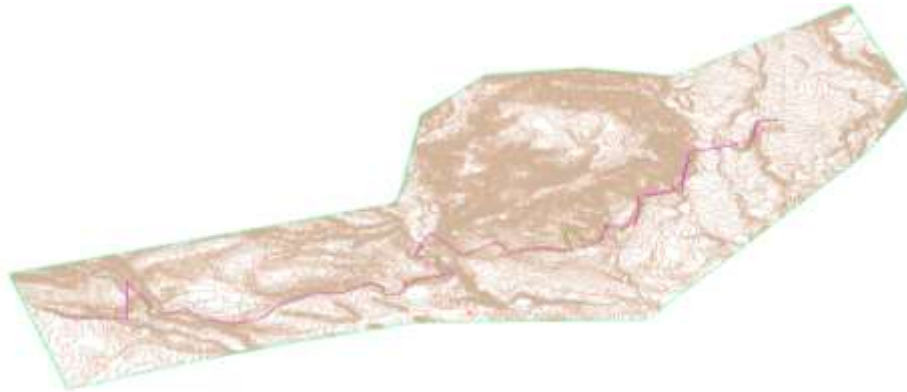
$$X = \frac{\text{Distancia horizontal entre dos curvas de nivel}}{\text{Pendiente máxima}} \quad (1)$$

Figura 2 Propuesta de Línea de ceros.



Luego de tener una propuesta trazada de línea de ceros con criterios establecidos, se procede a realizar una representación de la línea de transito por la cual se van a diseñar el alineamiento y las curvas horizontales.

Figura 3 Línea de tránsito



2.1.2 Diseño de curvas horizontales: El alineamiento horizontal está constituido por tramos rectos, curvas circulares simples y con espirales de transición, este debe permitir una operación segura y ajustada a la velocidad de diseño³. Basados en la línea de tránsito se elabora el diseño de curvas horizontales.

En la tabla 4 se presentan los siguientes parámetros para el cálculo de las curvas simples o con espirales de transición, bajo la condición de un VTR de 50 km/h y con un peralte del 8% para carreteras secundarias, según el manual “permite no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores, especialmente a los vehículos con centro de gravedad muy alto y a los vehículos articulados (tracto – camión con remolque) los cuales pueden tener un potencial de volcamiento de su carga al circular por curvas con peraltes muy altos”⁴.

³ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá, Colombia; 2008. p 73

⁴ *Ibíd.*, p. 103

Tabla 4. Parámetros para el diseño de curvas simples o con espirales de transición

Parámetros con una Velocidad de Diseño igual 50 km/h	
Radio mínimo calculado (m) (Rc)	72.9
Radio mínimo redondeado (m) (Rc)	73 ≈ 80
Pendiente máxima relativa de la rampa de peraltes (%) (Δs)	0.77
Ancho de carril (a)	3.65

Bajo las restricciones establecidas en la tabla 4 se ingresa los radios más óptimos para el alineamiento en el software AutoCAD Civil 3D; y con la siguiente ecuación de AASHTO se hace el cálculo de valor mínimo de la longitud del empalme (Le) para las curvas con espiral de transición, teniendo en cuenta el parámetro de Amín (ecuación 2).

$$A \text{ mín} = \sqrt{Rc * \frac{e * a}{\Delta s}} \quad (2)$$

$$Le = \frac{A \text{ mín}^2}{Rc} \quad (3)$$

Si reemplazamos la ecuación 2 en la 3 tendremos el valor de Le (ecuación 4)

$$Le = \frac{a * e}{\Delta s} \quad (4)$$

Se obtiene un valor de Le mínimo de 38(m), al momento de ingresar los valores al software, estos deben ser mayores al indicado.

Para el diseño con curvas simples o espirales la entretangencia no debe ser menor a la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos de la Velocidad Especifica⁵. Con estas indicaciones se tendrían un valor mínimo de 70 m.

La Asignación de la Velocidad Especifica de las curvas horizontales VCH se deben fijar basadas en los siguientes criterios. (ver tabla 5)

Tabla 5. Velocidad Especifica de una curva horizontal (VCH) incluida en un tramo homogéneo con Velocidad de Diseño (VTR)

Velocidad Específica de la curva horizontal anterior VCH (Km/h)	Velocidad de Diseño del Tramo (VTR) <= 50Km/h				
	Longitud del Segmento recto anterior (m)				
	L <= 70	70 < L <= 250		250 < L <= 400	L > 400
		$\Delta < 45^\circ$	$\Delta \geq 45^\circ$		
VTR	VTR	VTR	VTR	VTR+10	VTR+20
VTR +10	VTR+10	VTR+10	VTR	VTR+10	VTR+20
VTR +20	VTR+20	VTR+20	VTR+10	VTR+10	VTR+20
CASO	1	2	3	4	5

Fuente: Manual de diseño Geométrico de Carreteras 2008.

A cada curva horizontal se le asigna una Velocidad Especifica dependiendo de la longitud del segmento, para efectos del Manual del Carreteras se considera como “la distancia horizontal medida entre los puntos medios de las espirales en las curvas al inicio y al final del segmento si éstas son espiralizadas o entre el PT y el PC de las curvas si son circulares, en algunos casos dispone el criterio del ángulo

⁵Ibid., p. 120

de deflexión”⁶; en la primera curva en sentido creciente del abscisado se le asigna el mismo VTR (anexo A).

Como parte complementaria al diseño geométrico, se presenta la cartera del alineamiento horizontal, donde se muestran los diferentes elementos las curvas e información de las tangentes (anexo B.1; B.2 y B.3).

2.2 DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA.

El alineamiento vertical se diseña con base en la topografía del terreno que se muestra mediante un perfil longitudinal, el alineamiento horizontal y la velocidad del proyecto. Para este diseño se debe tener en cuenta que sus parámetros sean consistentes, balanceados y congruentes, por lo que se considera necesario que los elementos de diseño vertical tengan la misma Velocidad Especifica que se encuentran señalados en planta⁷.

2.2.1 Pendientes longitudinales máximas y mínimas: Por el tipo de terreno que se puede visualizar en el perfil longitudinal, la pendiente mínima que garantiza un apropiado funcionamiento de las cunetas es de 0.5%. Para la elección de la pendiente máxima se establecen dos criterios. El primero, se estableció cuando se realizó el trazado de la línea de ceros en el proyecto, donde se tuvo en cuenta la Pendiente Media Máxima del corredor (PM_{máx}) igual al 7%, el segundo criterio está relacionado con la selección de una pendiente máxima de la tangente vertical en función con la Velocidad Especifica de la tangente vertical (V_{TV}), donde se fijan los valores máximos permitidos, estos suelen aumentar en un dos por ciento (2%).

⁶ *Ibíd.*, p. 40

⁷ *Ibíd.*, p. 127

2.2.2 Longitud mínima: La velocidad Especifica de la tangente vertical para el diseño de la rasante es de 50 km/h, en similitud a la Velocidad de la Tangente Horizontal (V_{ETH}) establecida en el anexo A, así mismo debe tener una longitud mayor a la distancia recorrida en 10 segundos de la anterior velocidad.

2.2.3 Curvas verticales: Para la facilidad del diseño en las curvas verticales del proyecto se asigna con una proporción simétrica, con forma cóncava y convexa; para el buen funcionamiento de la vía se deben seguir los criterios de operación, seguridad y drenaje. Por último, se requiere que sobre una curva horizontal no se diseñe una vertical, esto le brinda más seguridad al conductor y menos riesgos de accidentalidad.

- **Criterio de seguridad**

Para este criterio según el manual de carreteras se debe “tener el control de la distancia de visibilidad de parada (D_P), pero también, se puede hacer mediante el parámetro K , el cual es igual a la relación L/A (distancia horizontal en metros, necesaria para obtener un cambio de pendiente del 1% a lo largo de la curva)”⁸

- **Criterio de operación**

Bajo el criterio del manual de carreteras “La aplicación de este criterio evita el cambio súbito de pendiente y permite que el perfil de la vía en la curva vertical tenga una adecuada estética y apariencia. La longitud mínima de la curva vertical para cumplir con este criterio está en función de la Velocidad Específica (V_{cv})”⁹.

⁸ Ibíd., p. 138

⁹ Ibíd., p. 139

- **Criterio de drenaje**

Para evitar empozamiento de las aguas superficiales en la batea de una curva cóncava y para garantizar un adecuado drenaje en la cresta de la curva convexa, se debe diseñar con un valor de K menor o igual a 50

En la tabla 5 se muestra el valor de todos los parámetros anteriormente mencionados que se requieren para el diseño de las curvas verticales en el software AutoCAD civil 3D

Tabla 6. Parámetros para el diseño de curvas verticales.

Tipología	Parámetros de diseño
Pendiente Máxima Media del corredor (PM_{máx})	7% - 9%
Velocidad de la Tangente Vertical (V_{TV})	50 km/h
Longitud mínima de la Tangente vertical	140 m
Distancia de Parada	64 m
Criterio de Seguridad	K _{mín} = 7 (convexa)
	K _{mín} = 13 (cóncava)
Criterio de Operación	Longitud mínima =30m
Criterio de Drenaje	$K \leq 50$

A continuación, se presenta la cartera con los elementos de las curvas verticales, la elevación y pendiente de la rasante, (Anexo C.1; C.2 y C.3)

2.3 DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA.

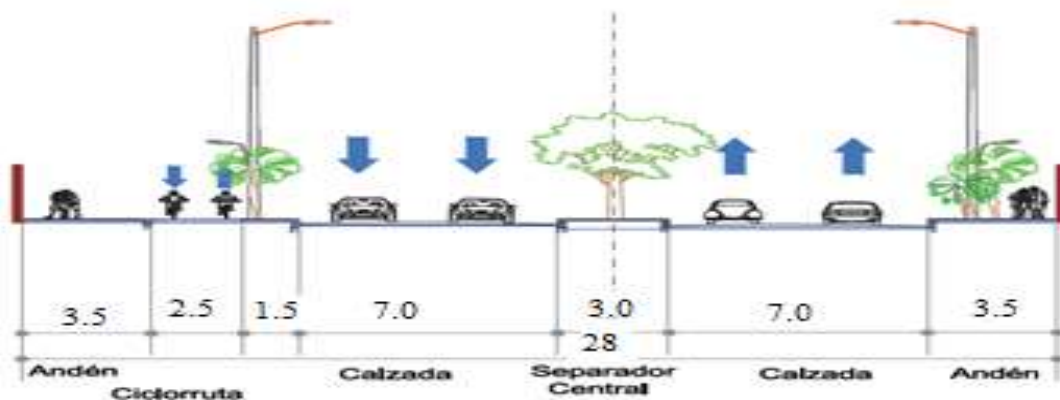
Según el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga, para la ampliación a doble calzada de la carretera antigua, se establece un perfil tipo 7 (figura 1) con las siguientes especificaciones. Ver tabla 6

Tabla 7. Especificaciones del perfil tipo

Tipología	Características
Acho total	Mínimo 28 m
Separador Central	Mínimo 3 m
Ancho andén	Mínimo 3.5 m
Número de carriles	Mínimo 2
Acho carril	Máximo 3.5 m
Ancho cicloruta	Mínimo 2.5 m

Fuente: Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030

Figura 4. Perfil tipo 7



Fuente: Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030.

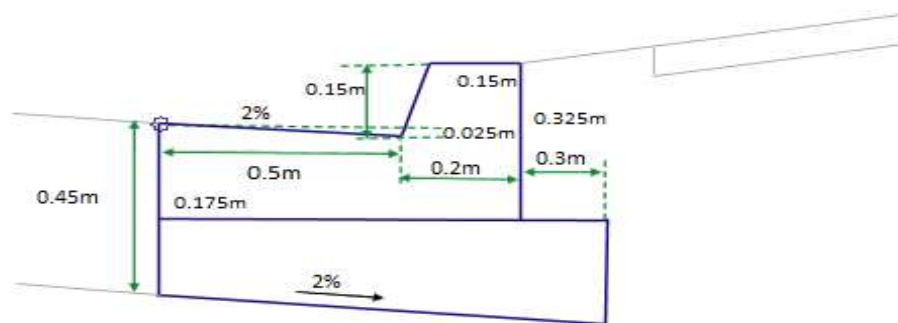
Se ajustan algunas condiciones para el diseño de la sección transversal del perfil, en base a la categoría de la carretera, tipo de terreno, Velocidad del Tramo Homogéneo y el tipo de superficie de rodadura en el caso del valor para el bombeo.

Tabla 8. Parámetros para el diseño de la sección transversal.

Tipología	Parámetros de diseño
Ancho de Calzada	7.00 m
Ancho de Berma	0.5 m
Bombeo	2%
Andenes	Longitud derecha= 3.5 m Longitud izquierda= 7.5m Elevación = 0.25 m
Separador	Ancho = 3 m Altura =0.75 m

2.3.1 Cuneta de vía urbana: Este tipo de cuneta es construida en concreto, “tiene la función de recoger y canalizar las aguas superficiales y de infiltración”¹⁰, para luego ser llevadas a los sumideros de la vía. También puede trabajar como bermacuneta, donde conserva la misma inclinación del bombeo (figura 5).

Figura 5. Berma cuneta de vía urbana.

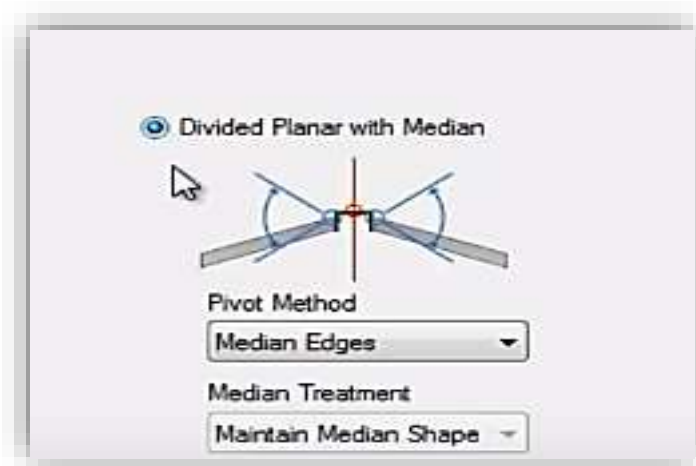


Fuente: AutoCAD civil 3D modificado por los autores

¹⁰ COTE VARGAS, Sandra Milena. Diseño Geométrico de Vías. [En línea] 05 de 02 de 2016. [Citado el: 09 de 03 de 2016.] Disponible en Internet: <http://albatros.uis.edu.co/eisi/eisi.jsp>. p 44

2.3.2 Diagrama de Transición del Peralte: El software calcula automáticamente la longitud de la transición de peralte, basados en los datos del bombeo, peralte máximo permitido (8%), VTR, radio de la curva y el ancho de la banca con respecto al giro de rotación (figura 8); para el diseño se emplea un separador físico doble calzada con un solo bombeo.

Figura 6. Giro de rotación de la banca.



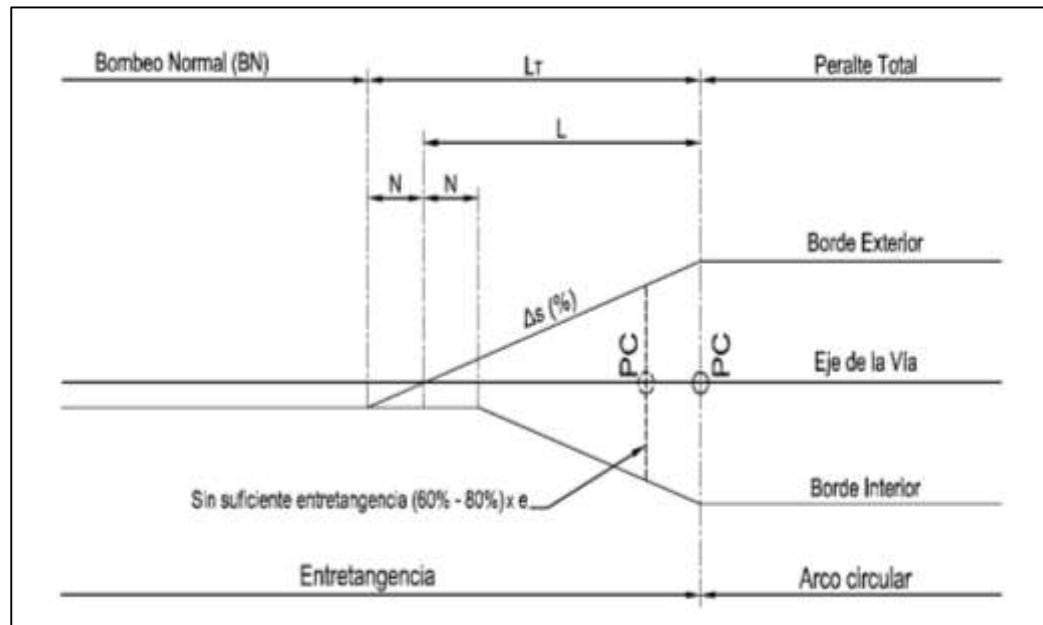
Fuente: AutoCAD Civil 3D

El diagrama de transición de peralte depende el tipo de curva ya sea simple o con espiral.

- **Curvas circulares:** Cuando hay suficiente entretangencia es preferible que la transición del peralte se desarrolle en la tangente, pero cuando esto no sucede la transición se debe realizar una parte en la tangente y el resto dentro de la curva, para ello el peralte en el P_c y/o en el PT debe estar entre el 60%- 80% del peralte total¹¹. Ver figura 7

¹¹ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS).Op.cit., p 112

Figura 7. Diagrama de transición de peraltes para curvas circulares simples

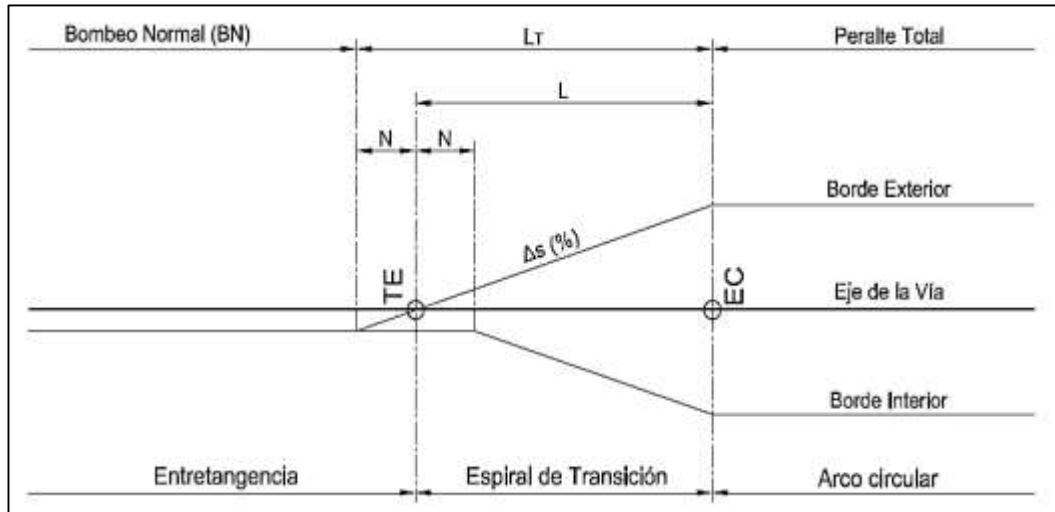


Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008

Curvas con espiral de transición: Para terrenos ondulado, montañoso y escarpado la transición de peralte corresponde a la longitud de la espiral ($L_e = L$) más la distancia de aplanamiento (N). Para terrenos planos con uso de espirales cuyo radio y longitud sea alto, la longitud de la espiral puede incluir las dos longitudes de la transición total ($L_e = L + N$)¹². Ver figura 8

¹² *Ibid.*, p. 112.

Figura 8. Diagrama de transición de peraltes para curvas con espirales

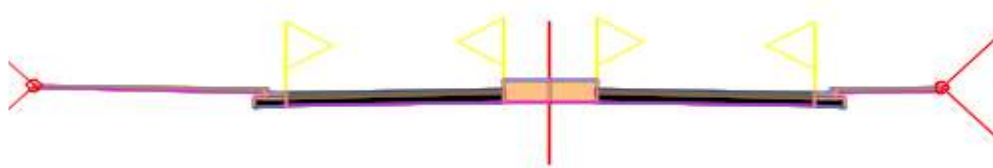


Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008

Para tener el dato preciso de la transición del peralte en cada una de las curvas, se muestra todos los elementos en función del VCH y RC. (Anexo D)

Luego de haber determinado los elementos de la sección transversal tipo, se presenta el diseño completo de este modelado en el software, ver figura 11

Figura 9. Sección transversal tipo modelado en AutoCAD Civil 3D



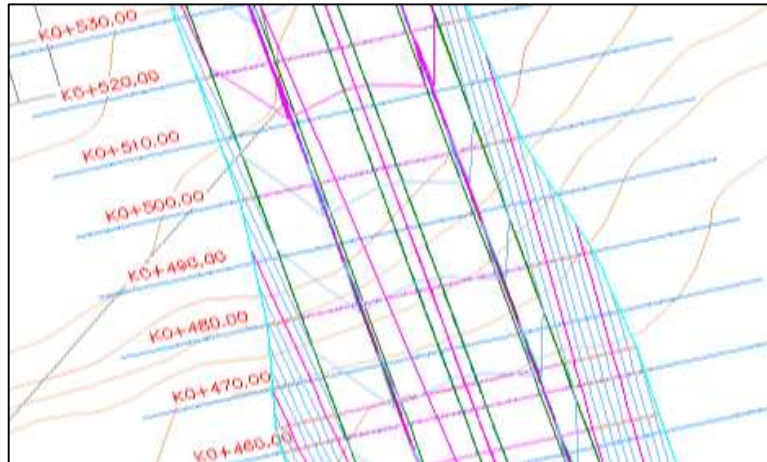
2.4 MOVIMIENTOS DE TIERRA

Actividad en la cual se realizan los cálculos de cantidades de material de terraplén y excavación necesarios para la ejecución de la carretera. Es indispensable conocer el tipo de terreno y la ubicación de las secciones transversales, de ellas se obtiene los chaflanes con el fin indicar los límites de la explanación y altura de los taludes.

2.4.1 Levantamiento de las secciones transversales: Para determinar la cantidad de movimiento de tierra por medio del software es indispensable conocer el ancho y el espaciamiento de los perfiles de las secciones transversales.

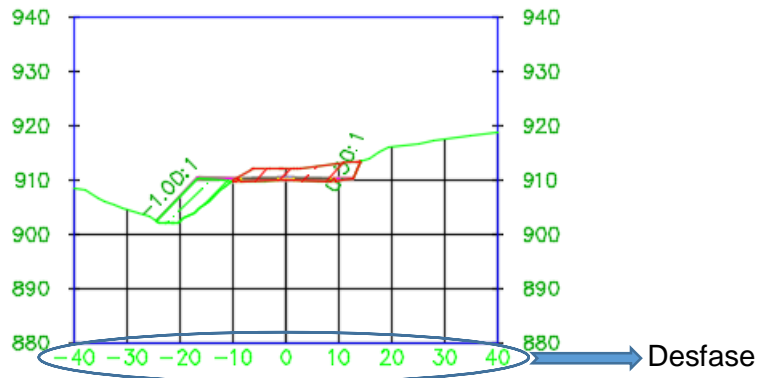
- **Espaciamiento:** Para terreno montañoso y escarpado, se trabaja cada 5 metros en curva y 10 metros en tramos rectos (figura 10).

Figura 10. Espaciamiento entre secciones transversales



- **Ancho de la sección:** Para el diseño del perfil de la sección se plantea un desfase de 40 metros del eje central (figura 11).

Figura 11. Ancho de la sección



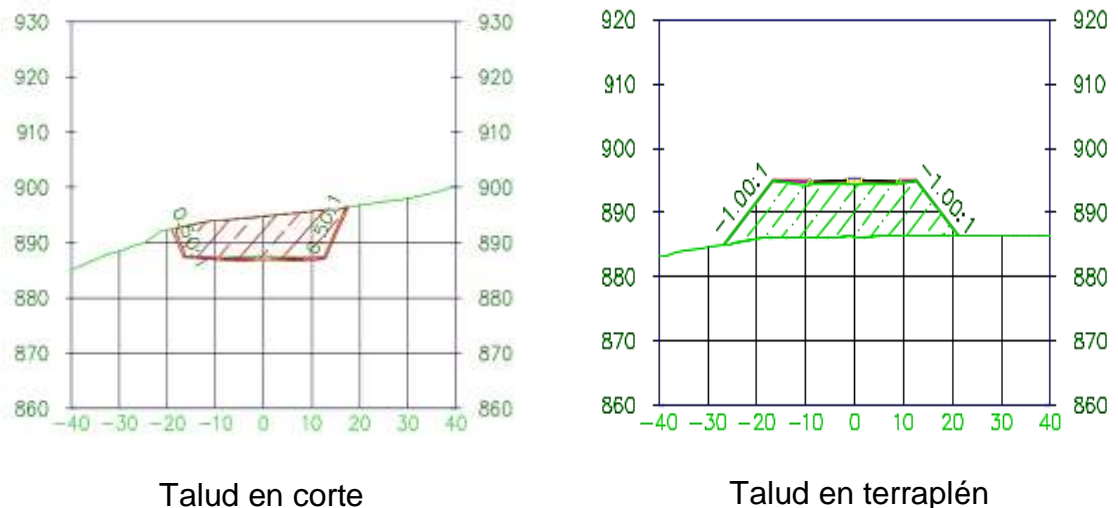
2.4.2 Taludes: Cuando estos son fabricados por el hombre se denominan taludes artificiales, y según la ingeniera Sandra Cote “se definen como planos laterales que ayudan a delimitar la explanación de la carretera, pueden ser por corte terraplén cada uno de ellos depende de una inclinación H: V (horizontal: vertical) y el tipo de suelo”¹³.

En base a este tipo de suelo, y teniendo en cuenta que la pendiente transversal del terreno es de 21°, para evitar deslizamientos se requiere la construcción de taludes en terraplenes 1H: 1V y en corte de 0.5H: 1V.

Determinada la inclinación del diseño horizontal y vertical del talud, se procede a modelarlo en el software para que nos muestre cada uno de los perfiles de la sección trasversal. Ver figura 12

¹³ COTE VARGAS, Sandra Milena. Op.cit., p 78

Figura 12. Talud en corte y terraplén en el diseño de la vía.



2.4.3 Cálculo de volúmenes: Se requiere generar una lista de materiales para el grupo de perfiles de las secciones transversales, estas son las bases para la creación de las tablas de cubicación e informes y diagramas de masas. La determinación de una tabla de volumen total contiene valores de corte, relleno corregido con un factor de conversión del 25%¹⁴ (este valor depende del tipo de suelo, pero se obtiene un valor estándar para generalizar el proyecto) y por último la información de la ordenada. (Anexo E).

Lo esencial para el buen diseño de la carretera es equilibrar el volumen acumulado de corte y terraplén para evitar los costos en la ejecución del proyecto, esto se ve representada en la diferencia de ordenada, lo mejor es que su valor sea el más cercano a cero.

¹⁴ZAPATA G, Edgard. Universidad Nacional de Colombia. [En línea] [Citado el: 28 de 03 de 2016.] Disponible en Internet: <http://www.docentes.unal.edu.co/eazapata/docs/CIV-CLASE%205.pdf>. p 3

2.4.4 Diagrama de masas: Metodología de representación gráfica para el cómputo del transporte de material, determinada por una línea base que permite programar los movimientos de tierra y obtener el costo mínimo posible.

La curva crece con cortes y decrece con terraplenes, los puntos máximos representan el paso de corte a terraplén y los mínimos el paso de terraplén a corte¹⁵. El área bajo la curva de masas y la línea compensadora representa la cantidad de volumen a transportar que esta expresada en (m³-m)

- **Distancia de acarreo libre:** Es el que se efectúa desde el sitio de extracción del material hasta una distancia de 100 m, el cual se considera como parte correspondiente a la extracción del material transportado, motivo por el cual no se tiene en cuenta en la medida ni en el pago por separado¹⁶.
- **Sobrecarreo:** Distancia real de acarreo menos la distancia de acarreo libre, por lo tanto, genera un sobre costo debido a que no están incluidos en el precio unitario de la excavación.

Durante el desarrollo de un proyecto, los contratistas y los ingenieros de diseño puede equilibrar los diagramas de masas considerando las distancias de acarreo libre por medio del uso de canteras de préstamo o desplazamiento de descarga, estas especificaciones se pueden representar en el AutoCAD Civil 3D mediante dos métodos¹⁷:

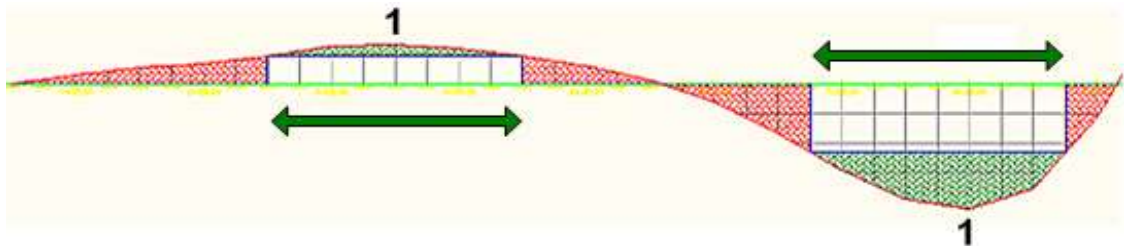
¹⁵COTE VARGAS, Sandra Milena. Op.cit., p.110

¹⁶ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS) y MINISTERIO DE TRANSPORTES. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Capítulo 9. Bogotá D.C, Colombia : s.n., 2012. Disponible en Internet: http://app.idu.gov.co/otros_serv/download/reglamento_vial_2002/Anexo_II_Especificaciones_complementarias.pdf. p 900-2

¹⁷ Manual AUTODESK. *AutoCAD Civil 3D-Help*. [software] California, USA : s.n.

- **Método punto de rasante:** Las flechas indican la distancia de acarreo libre, el número 1 indica los puntos de la rasante, el área interior del segmento trazado y la línea del diagrama de masas representa el volumen de transporte gratuito, por último, el volumen de sobrecarreo se indica de color rojo¹⁸.

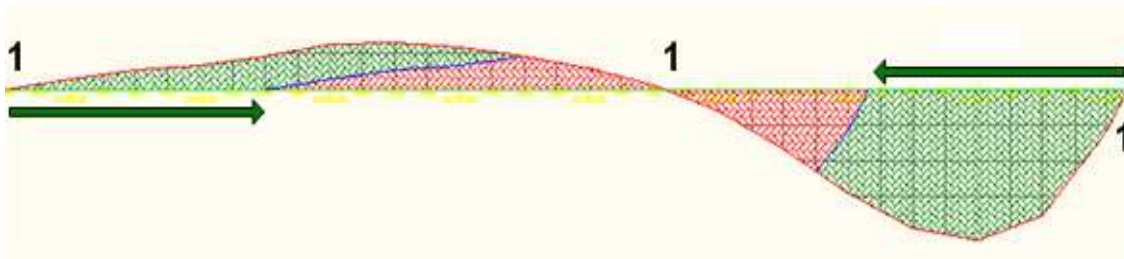
Figura 13. Método de punto de Rasante



Fuente: AutoCAD Civil 3D.

-
- **Método punto de equilibrio:** las flechas indican el transporte gratuito, el número (1) indica los puntos de equilibrio. El volumen de transporte gratuito se indica de color verde y el volumen de transporte de pago en rojo¹⁹.

Figura 14. Método punto de equilibrio.



Fuente: AutoCAD Civil 3D.

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Ibid.

Para finalizar la ejecución en el diseño de la vía, mediante el diagrama de masas por medio del método punto de equilibrio, se calcula la cantidad de acarreo libre y sobreacarreo que se presenta en la obra. Ver tabla 9

Tabla 9. Cantidades de acarreo libre y sobreacarreo en corte y terraplén.

Tipo de Acarreo	Cantidad volumen a transporta [m³-m]
Acarreo libre	207399,197
Sobreacarreo	2293704,03

Luego de haber terminado el diseño de geométrico de la nueva alternativa se anexa el archivo de AutoCAD en formato DWG para obtener una mayor visualización de los elementos del corredor, perfil y secciones transversales. (Anexo F).

3 ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA AMPLIACION A DOBLE CALZADA DE LA CARRETERA ANTIGUA.

En el presente capítulo contiene el análisis basado en el capítulo 6 de la Guía de Manejo Ambiental, donde se contemplan las medidas de control para proyectos de infraestructura vial, responde a la necesidad de incorporar la normativa y las políticas ambientales del INVIAS y el país, con el fin de adoptar las mejores prácticas de planificación, diseño y construcción de obras.

Los programas contenidos en la guía, complementan los términos, condiciones y obligaciones expedidas por las autoridades ambientales que otorgan los permisos, autorizaciones y concesiones. Es responsabilidad de los interventores vigilar el estricto cumplimiento, pago de tasas, regalías y compensaciones, conforme a la normativo. Sin embargo, la responsabilidad del contratista es identificar y describir los principales impactos ambientales y sociales derivados a las actividades del proceso constructivo, instalación y operaciones con sus respectivas medidas de manejo, a partir de una interacción de causa- efecto²⁰.

El artículo 49 de la ley 99 de 1993 “De la Obligatoriedad de la Licencia Ambiental. La ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad, que, de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje requerirán de una Licencia Ambiental”²¹, entre ellos se presenta la construcción de carreteras, incluyendo puentes y demás infraestructuras; la construcción de segundas calzadas y túneles

²⁰ COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS –INVIAS. Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura subsector vial. [en línea] Somos Impresores, 2ed. [Bogotá: Col] Presidencia de la República/ INVIAS/ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Abril de 2011. [citado: 31 Marzo 2016] Disponible en Internet: file:///C:/Users/BiblioUis/Downloads/guia_ambiental2_2011.pdf. p 13

²¹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 93). por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 1993. no.41146. p 28

de acceso. Bajo esta normativa para la obtención de la licencia ambiental se puede basar en las medidas de manejo ambiental.

Bajo las normativas legales presentadas en la Guía de manejo ambiental Según la ley 1333 de 2009 sobre el régimen Sancionatorio Ambiental incluye como el investigado asume la prueba para desvirtuar que él es el infractor, en base al artículo 57, se presenta la información de las sanciones impuesta presentadas a las personas naturales o jurídicas públicas o privadas bajo las autoridades ambientales competentes, estas pueden ser²²:

- Multas.
- Revocatoria temporal o caducidad de la licencia ambiental.
- Restitución de especímenes de fauna y flora silvestre.
- Trabajo comunitario condicionados por la autoridad ambiental, cuando se pone sanción en reemplazo de multa.

3.1 GESTION AMBIENTAL

Si se desea analizar el impacto ambiental en la ejecución de un proyecto del subsector vial, se debe garantizar la gestión ambiental durante su ejecución con su personal idóneo como:

- Contratista:
- Interventoría:
- Residente Ambiental:
- Asesor en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional:
- Ingeniero forestal: Biólogo:
- Brigada de Aseo y Limpieza Ambiental:

²² COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS –INVIAS. Op.cit., p 20

3.2 MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL

Se presentan las acciones que contribuyen a minimizar, controlar, prevenir, mitigar y/o corregir los impactos ambientales, que se pueden causar por la ejecución de proyectos de obras viales.

3.2.1 Desarrollo y aplicación de la gestión ambiental: La planificación de todas las actividades de manejo ambiental y social son necesarias para la ejecución de los proyectos y obras viales, para ello se requieren un cumplimiento de los requerimientos legales de la normatividad vigente para contar con todos los permisos, autorizaciones, licencias y concesiones por la intervención de los recursos naturales. En condiciones de los requerimientos legales de la Guía Ambiental “El especialista ambiental, antes del inicio de las obras debe verificar que el proyecto cumpla con todos los requerimientos legales durante la etapa pre-constructiva, debe determinar y adelantar la gestión para los permisos y licencias”²³.

Se presenta la tabla 10 como una manera informativa se describen los tipos permisos requeridos para el desarrollo de los proyectos viales y la entidad que los otorga:

²³ Ibid., p. 54

Tabla 10. Tipos de permisos.

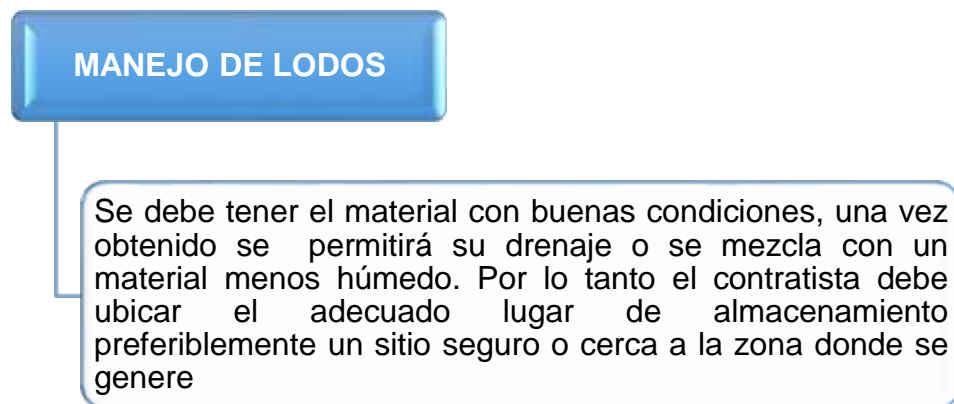
Recurso natural a afectar	TIPOS DE PERMISOS	Entidad que lo otorga
Agua	Permiso ocupación de causes - temporal o permanente	Autoridad Ambiental
	Permiso concesión de agua	Autoridad Ambiental
	Permisos vertimientos	Autoridad Ambiental
Forestal	Permiso de aprovechamiento forestal y/o manejo de la vegetación	Autoridad Ambiental
	Permiso levantamiento de veda	MAVDT y Corporaciones
	Permiso de aprovechamiento forestal y/o manejo de la vegetación	MAVDT
Aire	Permisos emisiones para el funcionamiento de las plantas de triturados , asfalto y concreto	Autoridad Ambiental
	Trabajos nocturnos en zonas urbanas	Alcaldía
Suelo	Título minero y licencia ambiental para explotación de materiales	INGEOMINAS y Autoridad Ambiental
	Autorización de sitios de disposición de materiales sobrantes	Planeación Municipal y/o Autoridad Ambiental
	Permiso para ubicación temporal de campamentos	Propietario del predio o Alcaldía
	Permiso cierres temporales de vías	INVIAS

Fuente: Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura – Subsector Vial - INVIAS (2011).

3.2.2 Manejo y disposición final escombros: Los residuos provenientes del descapote, las excavaciones y demoliciones, lodos de la instalación de pilotes y del dragado pueden ser reutilizado en las obras, en su mayoría como material de relleno para la reconfiguración de canteras o para la nivelación de terrenos. Los residuos deben ser manejados y controlados desde su fuente hasta la disposición final, dados los numerosos impactos que puede causar el manejo inadecuado de los mismos²⁴.

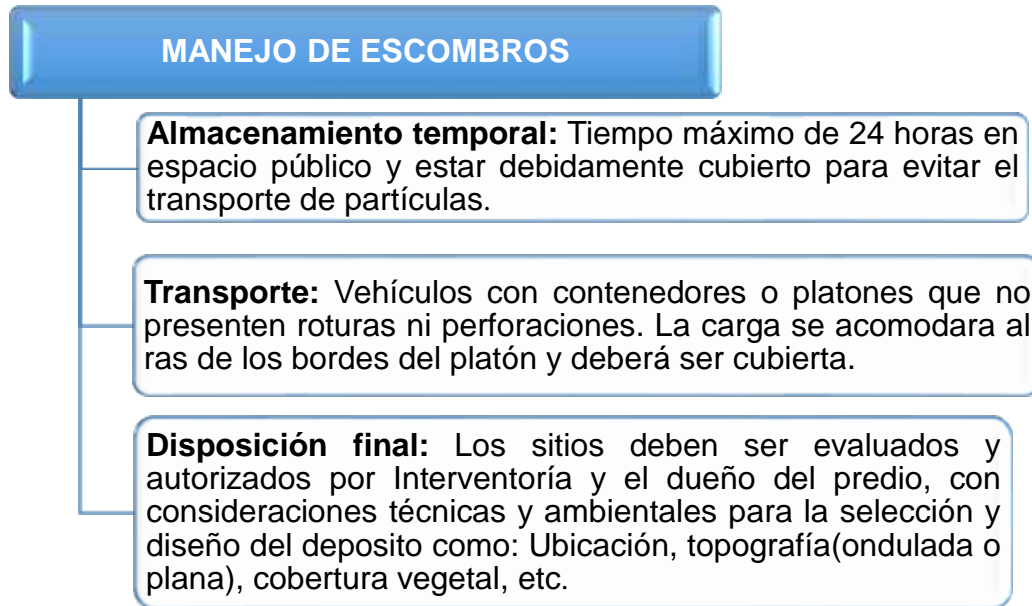
En el grafico 1, 2 y 3 se presentan las acciones para el manejo de los escombros que no pueden ser reutilizados en los frentes de obra y deben ser dispuestos en sitios diferentes. No se tiene en cuenta los residuos vegetales provenientes del descapote debido a que estos son tratados en el programa de protección vegetal.

Gráfica 1. Manejo de lodos en base a la Guía de Manejo Ambiental.

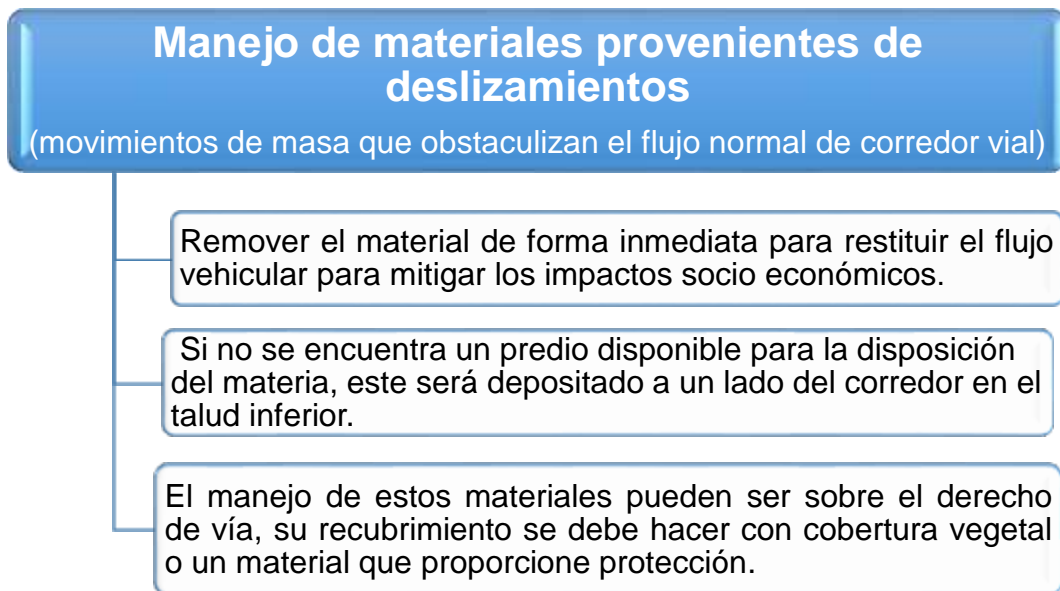


²⁴ *Ibíd.*, p. 65

Gráfica 2. Manejo de escombros en base a la Guía de Manejo Ambiental.



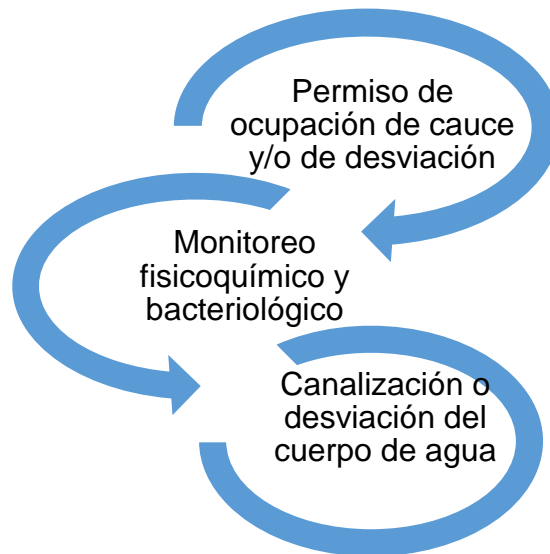
Gráfica 3. Manejo de materiales provenientes de deslizamientos en base a la Guía de Manejo Ambiental



3.2.3 Gestión del recurso hídrico: De acuerdo con lo establecido en la normatividad ambiental vigente se denominan aguas de uso público, las aguas de los ríos y todas las aguas que corran por cauces naturales de modo permanente o no; las aguas que corran por cauces artificiales que hayan sido derivadas de un cauce natural; los lagos, lagunas, ciénagas y pantanos; las aguas que están en la atmósfera; las aguas lluvias y las subterráneas²⁵. Estas se deben manejar con un conjunto de actividades encaminadas a proteger y un buen uso.

Cuando las obras viales tienen intervención en el cauce, para nuestro caso la vía pasa sobre la quebrada Aguablanca y esto requiere la ampliación del puente y la renovación de las redes pueden ocasionar gran afectación de las aguas; para ello se requiere seguir un procedimiento sobre la construcción de obras sobre cauces naturales. Ver gráfica 4

Gráfica 4. Procedimiento de obras sobre cauces Naturales



²⁵ *Ibíd.*, p. 79

3.2.4 Medidas de manejo de Vegetación (Flora): Esta actividad consiste en la limpieza del terreno natural de las áreas donde se construirá la obra vial que se encuentra cubierta por pastos y zonas arborizadas; esta limpieza comprende la tala de árboles, remoción de tronco, de raíces y donde se presenta de bosques continuos. Es responsabilidad de la interventoría que el contratista cumpla con la medida de manejo de la vegetación que está estipulado por la autoridad ambiental. A continuación, se presentan las zonas afectadas por la intervención del proyecto vial. Ver fotografías 1-4

Fotografía 1. Zona arborizada desde la carrera 8 con calle 3 hasta el barrio Bellavista



Carrera 8 con calle 3 (Florida) -jardín Botánico Eloy Valenzuela



Colegio Vicente Azuelo- Bellavista

Fuente: Google maps.

Fotografía 2. Zona arborizada desde Bellavista hasta el colegio Metropolitano del Sur.



Bellavista – Estación cotrander (Villabel)



Colegio Metropolitano del sur

Fuente: Google maps.

Fotografía 3. Zona arborizada desde el CAI Niza hasta la carrera 33 con calle94a – Las colinas



Vía CAI Niza



Carrera 33 con calle 94^a -Las colinas

Fuente: Google maps.

Fotografía 4. Zona arborizada desde la vía terrazas hasta el parque la flora.



Vía a Terrazas



Parque la Flora

Fuente: Google maps.

Las áreas de afectación directa del proyecto intervienen sobre varias especies de árboles con su respectiva familia entre las que se encuentra: El oití (*Licania tomentosa*), swinglea (*Rutaceae*), caucho, benjamina, Naranja (*Rutaceae*), castaño (*Fagáceas*), bambú (*Poaceae*); entre otras.

Bloqueo y traslado de árboles

El traslado de árboles de un sitio a otro es determinado por la autoridad ambiental. Para el trasplante de árboles es necesario clasificarlos de acuerdo a la altura, DAP (diámetro a la altura del pecho), diámetro de copa, entre otros. Según la guía de manejo ambiental en la vía “los árboles son tipo II con alturas entre 10 y 20 m, DAP entre 20 cm y 40 cm y/o diámetro de copa entre 2 m y 5 m”²⁶. Las Etapas de las labores básicas para el bloqueo y trasplante de árboles (ver gráfica 5). se debe tener claridad en el tipo de traslado el cual se comprende:

²⁶ *Ibíd.*, p. 89

Traslado corto: Desplazamiento máximo de 15 m.

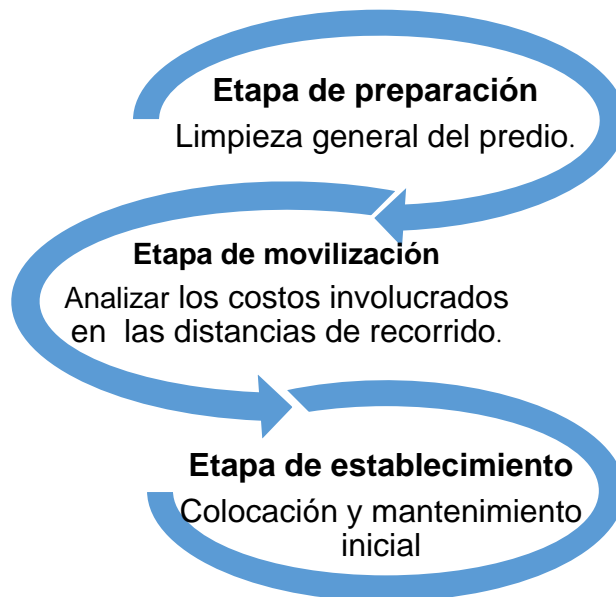
Traslado largo: desplazamiento de una distancia no mayor a 100 m.

Traslado especial: Consiste en la movilización de los árboles a distancias mayores de 100 m.

Manejo de la Vegetación a permanecer

Se debe realizar un registro de los árboles aislados que se encuentran sobre el corredor vial y que no serán afectados por las actividades constructivas, con el fin de hacer seguimiento a su permanencia y controlar su no afectación, se debe tener en cuenta aspectos como el nombre científico y común del árbol, altura total y estado físico de éste. Ver gráfica 5

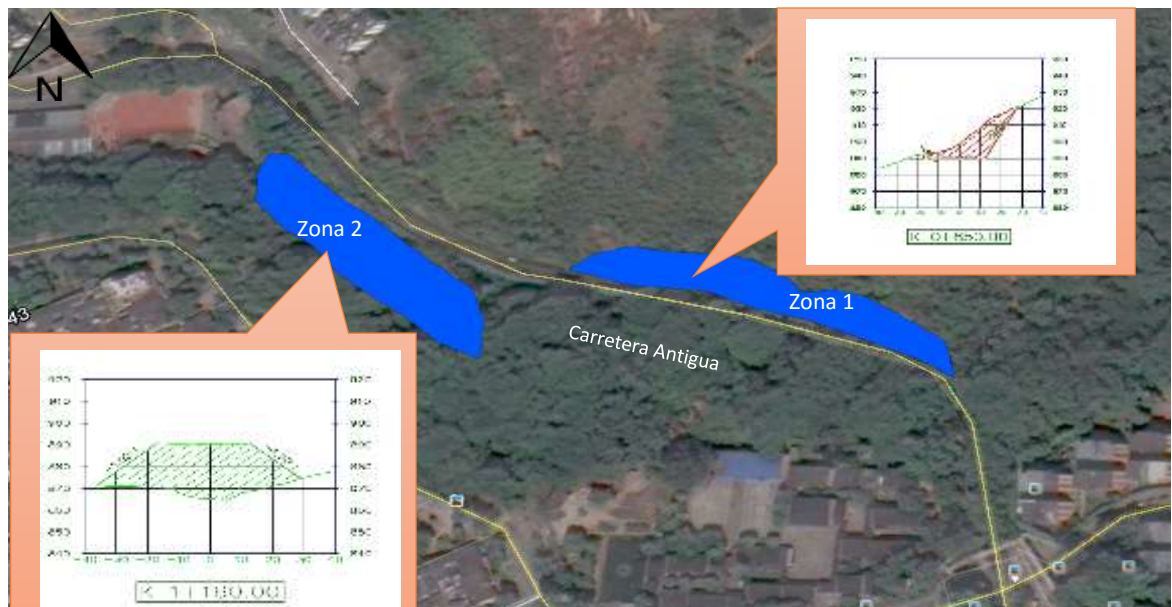
Gráfica 5 Procedimientos para el traslado de árboles.



3.2.5 Protección vegetal de taludes: El recubrimiento vegetal mitiga los procesos de inestabilidad, favorece la repoblación y la recuperación de los taludes, excavaciones entre otras²⁷. Para ello es necesario tener en cuenta varios aspectos como: Determinar la existencia de taludes y evaluar las áreas afectadas por las obras, para mediante el análisis del especialista ambiental determinar el método de revegetación basadas en la identificación de especies vegetales, condiciones del suelo y pendiente de los taludes.

Gracias a la fotogrametría que nos brinda el software Google Earth se delimitan algunas zonas de afectación ambiental debido a la remoción de tierra que pueden presentar los diferentes tipos de taludes. Ver fotografías

Fotografía 5. . Delimitación zona 1 y 2 Parte posterior al Colegio Vicente Azuero.



Fuente: Google Earth modificada por el autor.

²⁷ *Ibíd.*, p. 94

Fotografía 6. Zona 3 Calle 16 próximos a llegar al barrio Villabel.



Fuente: Google Earth modificada por el autor.

Fotografía 7. Zona 4 y 5 Colegio Metropolitano del Sur.



Fuente: Google Earth modificada por el autor.

Fotografía 8. Zona 6 Barrio Terrazas, bajo el viaducto la Flora.



Fuente: Google Earth modificada por el autor.

A continuación, se presentan algunos de los métodos para la estabilización de taludes por medio de revegetación, los usos de estos deben tener un análisis sustentado mediante el contratista y la interventoría. La recuperación de las áreas en cuanto a su estructura vegetal, composición de especies y funcionalidad, se deben llevar a condiciones semejantes a las iniciales.

Taludes con buenas condiciones del suelo:

- Siembra directa de semillas.
- Establecimiento de estolones: Planta con crecimiento horizontal con respecto al nivel del suelo

De acuerdo a la Inclinción del Talud

- Céspedones provenientes del descapote: taludes que oscilen entre 3:1 a 1.5:1.

- Siembra de Vetiver (Planta tolerante a la sequía y a condiciones extremas del suelo): taludes como pendientes fuertes

Taludes con suelo erosivo

- Hidrosiembra: mezcla homogénea de agua semilla, mulch, adherentes y fertilizantes
- Fibras Naturales: Taludes con pendientes menores a 45°: Mantos compuestos por fibras naturales

3.2.6 Protección de fauna: La remoción de los arboles determinan una disminución temporal de la fauna, debido a que están asociados a la pérdida de hábitats y la reducción de nichos ecológicos. Anteriormente se determinaron unas áreas donde puede haber mayor afectación en el ambiente en cuanto a la remoción de zonas verdes, por ello se establecen como los mismos lugares donde hay gran incidencia de daño en la fauna. Basados en la guía de manejo ambiental “El contratista debe adelantar el rescate y localización de las especies ayudado por un biólogo con experiencia certificada en rescate de fauna silvestre, y bajo el control del ingeniero ambiental residente, con el objetivo de garantizar su protección y preservación”²⁸.

Medidas para el rescate y localización de la Fauna:

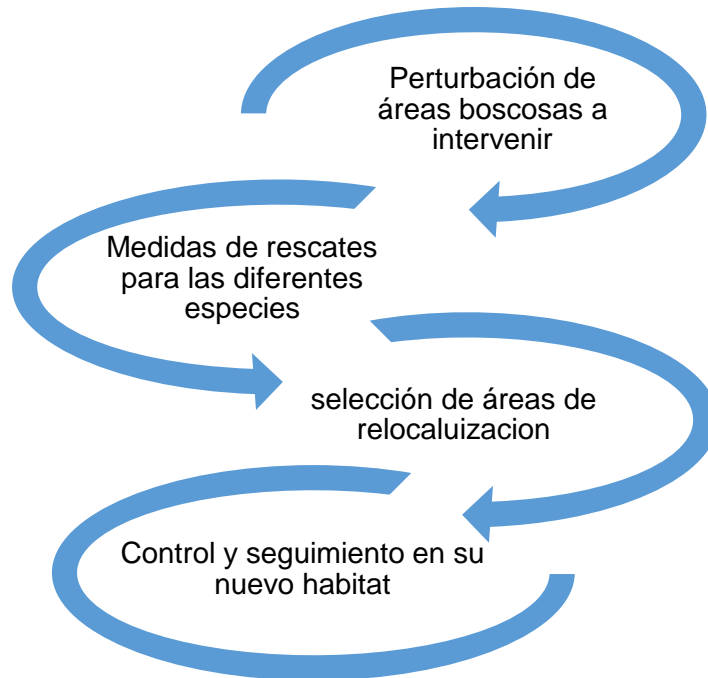
Como primera estancia se debe revisar la información bibliográfica para establecer las características de las especies como su distribución, alimentación, rutas migratorias, etc. Y como segunda estancia, se realizan visitas nocturnas al área de afectación con el fin de encontrar indicios de tránsito de fauna²⁹.

²⁸ Ibid., p. 101

²⁹ Ibid., p. 102

Para presentar el plan de rescate y relocalización ante la autoridad ambiental, se tiene en cuenta las siguientes estrategias que se encuentra representada en la gráfica 12 para la captura de las distintas especies.

Gráfica 6 Estrategias para los rescates de fauna.



Antes de ser rescatadas las diferentes especies se llevará un registro fotográfico de estas actividades y se anexará un informe mensual, del número de especímenes por especie rescatados, este control y seguimiento se debe registrar con los siguientes datos:

- Especie (nombre científico y común).
- Sexo.
- Número de individuos.
- Categoría de conservación (vulnerable, peligro de extinción, veda).
- Estado encontrado.

- Lugar de liberación.
- Numero de foto.

Selección de áreas de relocalización.

Basados en el capítulo 6 de la guía de manejo ambiental se presentan los siguientes requerimientos para seleccionar las zonas para la relocalización de las especies rescatadas:

- Entorno con características similares a su hábitat inicial.
- Las zonas presenten las mismas poblaciones de especie a liberar
- La zona de relocalización se encuentre cercana a la actual.
- Los sitios de liberación deben ser concertados previamente con la autoridad ambiental.

4 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.

- ✓ El diseño del alineamiento horizontal se realizó lo más cercano al corredor actual, en algunos casos esta presentaba problemas de diseño con radios inferiores a los mínimos, por lo tanto, se ejecutaron algunas modificaciones con intervención en zonas de afectación ambiental, de igual manera se trató de no afectar mayor parte los predios urbanos, para evitar un alto costo en la ejecución del proyecto.
- ✓ El perfil tipo de la sección transversal del corredor se incorpora como uno de los más eficientes, aunque su derecho de vía sea extenso, está diseñado para todos los medios de transporte por carreteras, como: zonas peatonales, ciclorrutas que tiene como ventaja el cuidado del medio ambiente y fomenta el ejercicio en los usuarios, la implementación a doble calzada donde permite al conductor facilidad de adelantamiento y reducción en los índices de accidentalidad.
- ✓ No se presentaron grandes movimientos de tierra gracias a la alta inclinaciones de los taludes en corte, gracias a esto disminuye la afectación ambiental al invadir las zonas con vegetación, el cual se puede concluir que el proyecto conforma un factor verde que ayuda al cuidado de los recursos naturales en el proceso de construcción.
- ✓ A partir del K2+200 hasta el K2+420 no se ajustó la nueva alternativa con la que ya estaba planteada, debido a que el radio de giro que la conforma no cumple con los requerimientos de radio mínimo del manual de diseño geométrico, por se procede a diseñar el nuevo corredor por sin afectar los predios establecidos en la zona.

- ✓ Mediante el diagrama de masas se concluye que hay un buen equilibrio en el transporte de material de corte a terraplén y viceversa, este equilibrio ayuda a reducir los costos de sobrecarreo en el momento de la ejecución.
- ✓ Favorece a la ejecución que la ordenada del k7+480 sea 250000 [m³], indicando un sobrante de material en corte, esto concluye que llegado al caso cualquier imprevisto de material inservible para el relleno se sustentaría con el exceso de material.
- ✓ Desde el k5+700 hasta k6+140 del corredor actualmente se encuentra en medio de dos conjuntos residenciales, Monviso y Torres de Monterrey, el cual su localización dificulta la ampliación de la vía, en cuanto a los movimientos de tierra y al alto costo en la compra de predios para la ejecución del proyecto. Lo más indicado es intervenir hasta donde las áreas de afectación lo permitan, puede diseñarse solo el corredor, con taludes inclinados, para aprovechar al máximo el ancho de vía permitido
- ✓ Al realizar un análisis ambiental al proyecto se generan nuevas alternativas de construcción en el cuidado de los recursos naturales. Se quiere enfatizar que, si vale la pena efectuar proyectos que no alteren el impacto sobre la madre naturaleza, aun así, favoreciendo a la comunidad en la implementación de nuevas infraestructuras que oferten el crecimiento demográfico.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE BUCARAMANGA, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010- 2030. Bucaramanga, Colombia : s.n., 2010.

ALCALDÍA DE FLORIDABLANCA, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Plan Maestro de Movilidad de Floridablanca 2011-2030. Floridablanca, Colombia : s.n., 2011.

ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga 2011- 2030. Área Metropolitana de Bucaramanga, Colombia : s.n., 2011.

AUTODESK. AutoCAD Civil 3D. [software] California, USA : s.n.

COTE VARGAS, Sandra Milena. Diseño Geométrico de Vías. [En línea] 05 de 02 de 2016. [Citado el: 09 de 03 de 2016.] <http://albatros.uis.edu.co/eisi/eisi.jsp>.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá, Colombia : s.n., 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS) y MINISTERIO DE AMBIENTE. Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura vial. 2. Bogotá D.C, Colombia : s.n., 2011.

MENDOZA PINTO, Laura y HERNÁNDEZ MURILLO, Rafael. Diseño y simulación en fase preliminar de la ampliación a doble calzada de la carretera antigua Bucaramanga- Floridablanca. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2015.

ANEXOS

NOTA: LOS ANEXOS CORRESPONDIENTES A ESTE PROYECTO PUEDEN CONSULTARSE EN SALA BASE DE DATOS DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER