



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Civil”

TRABAJO DE GRADUACION

**“EVALUACIÓN DE LA VÍA SHAMANGA – BALBANERA
DEL CANTÓN COLTA DE 2,6 Km DE LONGITUD”**

**Autor:
CHRISTIAN XAVIER TORRES ALVARE**

**Director:
ING. ANGEL PAREDES**

Riobamba, Enero / 2012

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de **EVALUACIÓN DE LA VÍA SHAMANGA – BALBANERA DEL CANTÓN COLTA DE 2.6 KM DE LONGITUD** presentado por: **CHRISTIAN XAVIER TORRES ALVAREZ** y dirigida por el: **ING. ANGEL PAREDES**. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Diego Barahona.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Firma

Ing. Angel Paredes.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Firma

Ing. Víctor Velázquez.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente a: Christian Xavier Torres Alvarez y al Director del Proyecto Ing. Angel Paredes; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo”.

AGRADECIMIENTO

“A Dios por darnos la vida, a la Universidad Nacional de Chimborazo por abrirme sus puertas al conocimiento y finalmente a todos mis profesores en especial al Ing. Ángel Paredes por ser mi Tutor y guía para la culminación de mi Proyecto de Graduación”.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, a mis Padres Jaime y Julia, a mis Hermanos Jorge y Lorena, a mis Sobrinas Anahí y Naiara, y a una persona muy especial en quien confío mucho, por el apoyo que me han

brindado en la realización y culminación de este proyecto, y agradecerles por el apoyo brindado a lo largo de mi carrera estudiantil.

ÍNDICE

<u>PORTADA</u>	- 9 -
<u>PAGINA DE REVISION</u>	I
<u>AUTORIA DE LA INVESTIGACION</u>	II
<u>AGRADECIMIENTO</u>	III
<u>DEDICATORIA</u>	I- 9 -
<u>INDICE</u>	- 9 -
<u>ÍNDICE GENERAL</u>	- 9 -I
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	- 20 -I
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	- 20 -II
<u>INDICE DE ANEXOS</u>	XV
<u>RESUMEN</u>	XVI
<u>SUMARY</u>	XVII

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN 1

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 3

A.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	3
B.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL ESTUDIO	4
	A. RECONOCIMIENTO VIAL	4
	B. INVENTARIO VIAL	4
	C. CONCEPTOS DE DISEÑO VIAL	5
	D. NORMAS DE DISEÑO VIAL	6
	E. VELOCIDAD DE DISEÑO	8
	F. RADIO MÍNIMO DE CURVAS HORIZONTALES	8
	G. PENDIENTES MÁXIMAS Y MÍNIMAS	8
	H. DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS VERTICALES	8
C.	CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS CARRETERAS	9
D.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA EL TRAZADO DE CARRETERAS	10
3.	METODOLOGÍA	12
A.	TIPO DE ESTUDIO	12
B.	POBLACIÓN Y MUESTRA.	12
	1. POBLACIÓN	12
C.	PROCEDIMIENTOS.	13
	1. ESTABLECER LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA VÍA	13

**2. SE DETERMINARÁ LA COBERTURA ACTUAL DE SERVICIO DE LA
CARRETERA 13**

D. PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS 14

1. DETERMINAR LA POBLACIÓN DEMOGRÁFICA 14

**2. ESTABLECER LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA CARRETERA
14**

**3. SE DETERMINARÁ LA COBERTURA ACTUAL DE SERVICIO DE LA
CARRETERA 14**

4. RESULTADOS 15

A. ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA VÍA ACTUAL 15

B. POBLACIÓN 15

1. INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA 15

2. TASA DE CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO 16

3. POBLACIÓN ECONÓMICA ACTIVA 17

4. ACTIVIDADES ECONÓMICAS 17

5. ÁREA DE INFLUENCIA 19

6. SERVICIOS 20

7. CLIMA 21

C.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	21
	1. CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA	22
	2. EVALUACIÓN VIAL	23
D.	ESTUDIO DE TRÁFICO	24
	A. ASPECTOS GENERALES	24
	B. ASPECTOS PARTICULARES	25
	C. ESTACIONES DE CONTEO	25
	D. TIPOS DE VEHÍCULOS	27
	E. CÁLCULO DEL TPDA	31
	F. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	34
	G. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN	35
	H. VELOCIDAD DE DISEÑO	35
	I. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO HORIZONTAL	37
	J. PENDIENTE TRANSVERSAL	37
	K. SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO	38
	L. ALINEAMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES	39
5.	DISCUSIÓN	40

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
A. CONCLUSIONES	43
B. RECOMENDACIONES	44
7. PROPUESTA	45
A. TÍTULO DE LA PROPUESTA	45
B. INTRODUCCIÓN	45
C. OBJETIVOS	46
1. GENERAL	46
2. ESPECÍFICOS	46
D. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	46
1. TIPOS DE CONTEO PARA DETERMINAR EL TPDA	46
2. PERÍODO DE OBSERVACIÓN	46
3. TRÁFICO FUTURO	47
4. TRÁFICO GENERADO	47
5. TRÁFICO POR DESARROLLO	48
6. TRÁFICO ATRAÍDO	48
7. ALINEAMIENTO HORIZONTAL	48
8. ALINEAMIENTO VERTICAL	78

D.	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	110
	A. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VIA	110
8.	PAVIMENTO	112
	A. DISEÑO DE PAVIMENTOS	112
	B. SUBRASANTE	113
	C. SUBBASE	113
	D. BASE	114
	E. CAPA DE RODADURA	114
	F. CAPA DE RODADURA-CARPETA ASFÁLTICA	115
	G. CONSIDERACIONES DE DISEÑO	115
	H. DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO	116
9.	ESTUDIO HIDRÁULICO	121
	A. ESTUDIO HIDRÁULICO	121
	B. ANÁLISIS DEL RÉGIMEN PLUVIAL EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	124
	C. INTENSIDAD DE LLUVIA	124
	D. ECUACIÓN PARA DETERMINAR LA INTENSIDAD EN CUALQUIER PERÍODO DE RETORNO	125

E.	INFORMACIÓN METEOROLÓGICA EN ESTACIÓN RIOBAMBA-AEROPUERTO	128
F.	EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE DRENAJE VIAL	131
G.	DETERMINACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS	131
H.	ÁREAS DE APORTACIÓN	131
I.	PARÁMETROS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	132
J.	ALCANTARILLAS	132
K.	CUNETA TRIANGULAR	135
L.	CUNETA RECTANGULAR	136
M.	DISEÑO DE CUNETAS	128
N.	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL TOTAL A EVACUAR	137
O.	VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CUNETA LATERAL	141
P.	SEÑALES DE TRÁNSITO	143
10.	MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	162
A.	MONITOREO	162
B.	EVALUACIÓN	163
11.	BIBLIOGRAFÍA	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Información demográfica.....	16
Figura 2. Tasa de crecimiento	17
Figura 3. Actividades económicas.....	17
Figura 4. Producción ganadera	18
Figura 6. Índice de analfabetismo.....	20
Figura 7. Dimensiones del automóvil.....	28
Figura 8. Dimensiones del camión de dos ejes	28
Figura 9. Dimensiones del bus interurbano	29
Figura 10. Dimensiones del camión semiremolque.....	29
Figura 11. Tráfico promedio diario anual actual.....	31
Figura 12. Sección transversal típica.....	38
Figura 13. Relación entre velocidades de diseño y de circulación	55
Figura 14. Curva circular	59
Figura 15. Radio de curvatura	59
Figura 15. Elementos de la curva circular	63
Figura 16. Peralte	63
Figura 17 Convención del peralte	66
Figura 18.Cálculo del peralte	67
Figura 19. Determinacion del peralte.	68
Figura 20. Sobreancho	69
Figura 21. Distancia de visibilidad.....	75
Figura 22. Diseño vertical.....	79
Figura 23. Curvas Verticales.....	83
Figura 24. Diseño de curvas verticales.....	84
Figura 25. Tipos de curvas convexas.....	86
Figura 26. Tipos de curvas concavas	88
Figura 27. Distancia de visibilidad para el revasamiento de un vehículo	93
Figura 28. Distancia de visibilidad en curvas horizontales.....	94
Figura 29. Distancia de visibilidad en curvas verticales concavas	95

Figura 30. Distancia de visibilidad en curvas verticales convexas	96
Figura 31. Areas de explanación	98
Figura 32. Elementos para el cálculo de áreas y chaflanes.....	101
Figura 33. Sección en corte o excavación	102
Figura 34. Sección en relleno o terraplen	102
Figura 35. Sección mixto	103
Figura 36. Sección en corte en ladera	103
Figura 37. Prismoide	104
Figura 38. Valor CBR Vs. Frecuencias.....	117
Figura 39. Determinación del área de aportacion	122
Figura 40. Zonificación de intensidad de lluvia.....	126
Figura 41. Isolneas de Id para Tr=10 años	127
Figura 42. Precipitación media mensual en Riobamba	129
Figura 43. Precipitación anual en Riobamba	129
Figura 44. Precipitación máxima 24 horas en Riobamba.....	130
Figura 45. Curvas intensidad-duración-frecuencia	130
Figura 46. Modelo de alcantarilla tipo cajón vista en planta.....	135
Figura 47. Cuneta triangular	136
Figura 48. Cuneta rectangular.....	136
Figura 49. Sección transversal de cuneta lateral en corte	139
Figura 50. Longitud maxima de descarga cuneta lateral	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información demográfica	16
Tabla 2. Tasa de crecimiento demográfico	16
Tabla 3. Actividades económicas	18
Tabla 4. Producción ganadera y de especies menores	18
Tabla 5. Producción de cerdos	19
Tabla 6. Curvas horizontales actuales	24
Tabla 7. Conteo de tráfico	26
Tabla 8. Resultados del estudio de tráfico	26
Tabla 9. Dimensiones de vehículos	27
Tabla 10. Tráfico actual acumulado 7 días	29
Tabla 11. Resumen de tráfico promedio diario anual	31
Tabla 12. Tasa de crecimiento vehicular	32
Tabla 13. Tipos de carreteras	35
Tabla 14. Velocidad de diseño	36
Tabla 15. Tipos de superficie de rodadura	37
Tabla 16. Normas para la carretera clase IV	39
Tabla 17. Relación entre las velocidades de diseño y circulación	56
Tabla 18. Desarrollo del peralte en función de la velocidad	64
Tabla 19. Gradiente longitudinal necesaria para el desarrollo del peralte	66
Tabla 20. Longitud de transición en función del peralte	68
Tabla 21. Sobreechancho	70
Tabla 22. Valor del sobreechancho en función de la velocidad de diseño	71
Tabla 23. Ancho de calzada	74
Tabla 24. Ancho de espaldones según la clase de carretera y el TPDA	74
Tabla 25. Distancias de visibilidad mínimas para parada de vehículos	77
Tabla 26. Valores de las pendientes según el orden de la vía	80
Tabla 27. Curvas convexas	86
Tabla 28. Coeficiente K para longitud de curvas verticales convexas mínimas	86
Tabla 29. Curvas concavas	88
Tabla 30. Coeficiente K para longitud de curvas verticales concavas mínimas	88

Tabla 31. Coeficiente “C” para el cálculo de la longitud de visibilidad.....	90
Tabla 32. Distancia de visibilidad	92
Tabla 33. Distancia de visibilidad para rebasamiento de un vehículo.....	93
Tabla 34. Valores K para curvas verticales convexas	96
Tabla 35. Coeficiente de expansion y de contracción para distintos suelos	106
Tabla 36. Determinación del CBR de diseño.....	117
Tabla 37. Información de la estación meteorológica Riobamba-Aeropuerto	128
Tabla 38. Intensidades máximas de lluvia	130
Tabla 39. Areas de aportación	131
Tabla 40. Cálculo de caudales por método racional.....	132
Tabla 41. Verificación del dimensionamiento hidráulico de alcantarillas	134
Tabla 42. Ubicación de alcantarillas.....	135
Tabla 43. Cálculo de capacidad cuneta lateral.....	140

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estudios de suelos.....

Anexo 2. Conteo vehicular
Anexo 3. Presupuesto y Analisis de precios unitarios.....
Anexo 4. Planos.....

RESUMEN

En la provincia de Chimborazo los sectores rurales son caracterizados por ser pobres, muchas veces no poseen redes viales adecuadas las mismas que les permitan la comercialización de sus productos agrícolas y ganaderos; estas carreteras han sido construidas sin criterios de diseño en consecuencia presentan errores de trazado vial. En el presente proyecto de investigación se analizará y se evaluará la vía construida para de esta manera ejecutar el diseño geométrico en base a las normas establecidas por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas) de la vía Shamanga – Balbanera del Cantón Colta.

Para la elaboración del proyecto de investigación se ha realizado la visita a la comunidad analizando desde un principio las características generales de la carretera para lo cual se optó por realizar el conteo del tráfico y a su vez conocer las frecuencias de uso y los sitios de Origen y Destino, presentándose los resultados que ayudaron a la investigación. Además se expone las características topográficas de la carretera encontrándose con conceptos referentes al diseño geométrico tratando de buscar los errores existentes al realizar una comparación con cada una de las normas que establece el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas).

Para el inicio del estudio se recabó datos en las entidades públicas de la Provincia de Chimborazo para comprobar que no existen estudios previos a la realización de nuestro proyecto. Cabe recalcar que por tratarse de un proyecto de investigación y no de diseño se hace evidente plantear posibles soluciones a los errores mostrados que podrán ser ejecutadas en un futuro inmediato.

SUMMARY

In the province of Chimborazo, the rural areas are generally poor, they do not often have adequate road networks that will allow them to commercialize their agricultural and livestock products, these roads have been built without any design criteria, as a consequence of this, there are some tracing errors. In this research project the constructed road will be analyzed and evaluated in order to execute the geometric design based on the standards set by the MTOP (Ministry of Transport and Public Works) of the Shamanga - Balbanera road located in the Colta canton.

For the preparation of the research project a visit to the community has been done, from the start analyzing the general characteristics of the road for which it was decided to perform traffic counts and at the same time, get information about the frequency of use and the origin and destination sites, the results that helped the investigation were presented. It also shows the topography of the road, finding geometric design concepts related to the geometric design trying to find existing errors when comparing with each one of the rules established by MTOP (Ministry of Transport and Public Works).

For the baseline study, some data are collected by public entities in the province of Chimborazo in order to verify that there are no studies prior to the execution of our project. It should be noted that since this research project and its design, it is evident to suggest some possible solutions to the errors listed which may be implemented in the near future.

II. INTRODUCCIÓN

La finalidad de mi investigación está dirigida al estudio de las variables o factores relacionados con la existencia de la carretera, las características del diseño, el estado de conservación de la carpeta de rodamiento y obras anexas. El estudio de evaluación considera un análisis comparativo entre los indicadores que muestran la realidad y los estándares o normas establecidos por los organismos normativos o reguladores, tantos de carácter nacional como de nivel internacional.

Sin duda, los caminos rurales son elementos esenciales para el desarrollo social y económico de las comunidades humanas poco numerosas y, muchas veces, situadas en sitios montañosos o semidesérticos, en los que el acceso a los servicios básicos de salud y educación es muy complicado. Si bien su construcción es indispensable, ésta debe planearse de manera respetuosa del medio ambiente, así como cumplir con una serie de requisitos técnicos que la faciliten y abaraten la obra.

Los caminos de bajo volumen de tránsito, como pueden ser los de acceso del agricultor al mercado, los que enlazan a las comunidades y los usados para explotaciones mineras y forestales son partes necesarias de cualquier sistema de transportación que le dé servicio al público en zonas rurales, para mejorar el flujo de bienes y servicios, para ayudar a promover el desarrollo, la salud pública y la educación, y como una ayuda en la administración del uso del suelo y de los recursos naturales.

Para fortalecer nuestro estudio nos basamos en investigaciones realizadas por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), para poder determinar los motivos por el que debe efectuarse un análisis de la situación

(problema o necesidad) de forma que se comprendan las causas que lo originan y las interrelaciones existentes con otras áreas o sectores. Con la ayuda de técnicas o herramientas existentes, que apoyen la realización de una evaluación que permitan asegurar que en éste se contemplarán todos los aspectos fundamentales que involucra al diseño geométrico. Su aplicación e intensidad va a depender de las particularidades de cada caso.

Mi investigación nos permitirá conocer los alineamientos horizontal y vertical existentes sin perder el concepto del bombeo y del peralte, e incluirá todos los aspectos necesarios para determinar la plataforma de la subrasante del camino de acuerdo a la sección transversal típica conforme a los anchos y sobrecanchos, todo mostrado en los planos.

III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

A. ANTECEDENTES

El proyecto VÍA PANAMERICANA SHAMANGA - BALBANERA se encuentra ubicado en la Parroquia Santiago de Quito, Cantón Colta, Provincia de Chimborazo.

Las comunidades mencionadas presentan un asentamiento cercano a su cabecera parroquial de Santiago de Quito. La principal vía de acceso está dada por la Panamericana Sur Km. 16.50 (Riobamba – Guayaquil). En la cual existe un desvío a lado Izquierdo, de tal manera que se ingresa a las comunidades beneficiarias. La altitud media sobre el nivel del mar es de 3235 metros.

Las comunidades disponen hoy en día en primera instancia de una vía de primer orden como lo es la vía Riobamba - Balbanera hasta el Km. 16.50; a partir de allí existe una desviación a mano Izquierda en sentido norte – este que es considerada como una vía de cuarto orden, la misma que se halla en un pésimo estado para el tránsito vehicular, y que a su vez atraviesa las distintas comunidades que conforman nuestro estudio.

Poseen un servicio de bus intercantonal de las cooperativas Guamote, Colta, y Ñuca LLacta hasta la comunidad Balbanera, con una frecuencia de turnos de cada 15 minutos durante el día.

Es por eso que en Colta, como medio de solución vial se ha decidido realizar el mejoramiento de la vía panamericana Shamanga - Balbanera - Cantón Colta Provincia del Chimborazo.

B. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN.

DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN UTILIZADOS.

a. Reconocimiento vial

El reconocimiento es la investigación a detalle de diferentes parámetros, los mismos que se comparan con valores estándares de diversas entidades normativas, que nos ayudan a determinar el estado en nuestro caso de la carretera.

Existen diferentes tipos de instrumentación para la obtención de dichos parámetros, los mismos que abarcaremos en lo posterior.

El reconocimiento Primario se la puede entender como el preámbulo de toda investigación. En este proceso se recauda la mayor cantidad de información de acuerdo a los requerimientos del ensayo. Se establece, ¿qué tipo de equipo se utilizará (dependiendo del tiempo y presupuesto sostenido)?, ¿qué programas se ejecutarán?.

Gracias a la ayuda de la Informática, podemos realizar esta captura con modernos equipos que a más de generarnos beneficios con la facilidad de tiempo, nos provee de una seguridad de los parámetros ya que su grado de error es cada vez más ínfimo.

Una vez realizado el reconocimiento primario, es conveniente y necesario realizar un seguimiento frecuente y progresivo del desarrollo de la vía, para poder evitar a tiempo daños irreversibles.

b. Inventario vial.

Un inventario es una relación de unos activos de una empresa u organismo. Su objetivo es disponer en todo momento de una información suficiente para poder hacer uso adecuado de la misma y tomar las decisiones de gestión precisas en las que intervengan esos activos.

En el caso de las carreteras, la empresa u organismo es la administración competente y el activo es la red de carreteras.

El inventario de carreteras debe suministrar una información veraz, actualizada y pertinente sobre la extensión, situación y características de una red de carreteras. Habitualmente los inventarios de carreteras han sido utilizados y concebidos para ser la base de la planificación de carreteras, para la realización de diversos tipos de estudios o para la elaboración de estadísticas que permitan conocer el estado general de la red.

c. Conceptos de diseño vial¹.

En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante, ya que a través de éste se establece su configuración geométrica tridimensional, con el propósito de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Los factores o requisitos del diseño se agrupan en: externos o previamente existentes e internos o propios de la vía y su diseño.

Los factores externos están relacionados, entre otros aspectos con la topografía del terreno natural, la conformación geológica y geotécnica del mismo, el volumen y características del tránsito actual y futuro, los valores ambientales climatología e hidrología de la zona, los planes de ordenamiento territorial y uso del suelo existentes y previstos, los parámetros socio – económicos del área.

Los factores internos de diseño contemplan las realidades para definir los parámetros de diseño y los aspectos operacionales de la geometría, especialmente los vinculados con la seguridad exigible y los relacionados con la estética y armonía

La velocidad es el elemento básico para el diseño geométrico de carreteras y el parámetro de cálculo de la mayoría de los diversos componentes del proyecto.

¹ CONSULTORES – LEÓN&GODOY 2008

La carretera es una superficie continua y regular transitable en un espacio tridimensional. Casi en todos los diseños se realizan dos análisis bidimensionales complementarios del eje de la vía, prescindiendo en cada caso de una de las tres dimensiones. Así, si no se toma en cuenta la dimensión vertical (cota); resultará el alineamiento en planta o el diseño geométrico horizontal que es la proyección de la vía sobre un plano horizontal.

Si se toma en cuenta la dimensión horizontal o alineamiento en planta y junto con ella, se considera la cota, se obtiene el perfil longitudinal o diseño geométrico vertical que es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo.

Finalmente, si se considera el ancho de la vía asociada a su eje resultarán sucesivas secciones transversales, compuestas por la calzada, los espaldones, las cunetas y los taludes laterales; complementándose así la concepción tridimensional de la vía.

Para el análisis y evaluación de las alternativas estudiadas se ha definido los criterios y los parámetros técnicos de diseño que serán acoplados principalmente a las condiciones topográficas, a las condiciones geológico-geotécnicas, hidrológica y de drenaje y a las Normas de Diseño Geométrico del MTOP – 2003.

d. Normas de Diseño Geométrico.

En la realización de los estudios para el diseño geométrico de un camino es de suma importancia la topografía del terreno, siendo este un factor determinante en la elección de los valores de los diferentes parámetros que intervienen en su diseño.

Dadas las características geomorfológicas de los corredores en los que se implantaron los enlaces viales, se ha considerado cuatro tipos de terreno: llano, ondulado, montañoso y escarpado.

- **Carreteras en terreno plano.**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos. Tiene una pendiente transversal de terreno natural de 0.5 %.

Existe un mínimo movimiento de tierras, por lo que no presenta dificultad ni en el trazado ni en la ejecución de la obra básica de la carretera.

- **Carreteras en terreno ondulado.**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendiente por un intervalo de tiempo largo. La pendiente transversal de terreno natural varía de 5–25 %.

El movimiento de tierras es moderado, que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y la construcción de la obra básica de la carretera.

- **Carreteras en terreno montañoso.**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes. La pendiente transversal de terreno natural varía de 25–75 %.

Las pendientes longitudinales y transversales son fuertes aunque no las máximas que se puedan presentar en una dirección dada. Hay dificultades en el trazado y construcción de la obra básica.

- **Carreteras en terreno escarpado.**

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente, que aquellas a la que operan en terreno montañoso, para distancias

significativas o a intervalos muy frecuentes. La pendiente transversal de terreno natural de 75 %.

Existe un máximo movimiento de tierras, con muchas dificultades para el trazado y construcción de la obra básica, pues los alineamientos están prácticamente definidos por las difíciles características geomorfológicas a lo largo del recorrido de la vía.

e. Velocidad de Diseño.

La velocidad de diseño es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad, y se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo de una vía cuando las condiciones sean tan favorables, que las características de la vía predominante.

f. Radio Mínimo de Curvas Horizontales.

Para la determinación del radio mínimo de las curvas horizontales se ha seguido el criterio de la AASHTO, criterio adoptado en las normas del MTOP, según el cual, este radio es función de la velocidad directriz, del peralte máximo y del coeficiente de fricción lateral.

g. Pendientes Máximas y Mínimas.

La pendiente longitudinal corresponde a 3, 4, 6 y 7% para terreno plano, ondulado, montañoso y escarpado respectivamente, pudiendo en longitudes cortas, menores a 500 m, aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos.

h. Determinación de las Curvas Verticales.

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad de parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. Esta longitud se expresa por la siguiente fórmula:

Para determinar las longitudes de las curvas verticales se utilizaron las siguientes expresiones:

Curvas verticales Convexas $L=KA$

Siendo:

A= Diferencia algebraica de las gradientes

K = Coeficiente dependiendo la velocidad de proyecto

i. Dimensionamiento Vial

El propósito del dimensionamiento vial es determinar las características de la sección típica transversal de la carretera considerada, para definir las dimensiones de sus elementos componentes y sustentada en ellos establecer la sección típica transversal así como establecer el ancho de la faja de Derecho de Vía.

Con este propósito se utiliza el TPDA pronosticado al año de horizonte del estudio. El procedimiento de cálculo está detallado y forma parte del Estudio del Tráfico y Transporte.

El número de carriles de una calzada debe adaptarse a las condiciones de circulación prevista para la hora de diseño, de acuerdo al nivel de servicio seleccionado.

Para poder tener un referente sobre el cual efectuar el análisis y evaluación del diseño de la sección transversal de la carretera, con aquella que estaría ajustada a las normas vigentes en el país, se ha dimensionado la sección típica que sujeta a estas normas debería constituir la sección transversal de la carretera.

C. CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS CARRETERAS.

Las especificaciones relacionadas con el diseño geométrico de carreteras, se refiere a las características y dimensiones de la obra básica: ancho de

plataforma calzada y espaldones, taludes, pendientes longitudinales y transversal, velocidades de diseño y circulación, radios mínimos de curvatura, condiciones de visibilidad, etc.

La plataforma del camino, es la superficie sobre la cual se realiza las operaciones de transporte u circulación de los vehículos, está sujeto a elevados y frecuentes esfuerzos al tráfico; razón por la cual debe construirse con materiales de buena calidad y siguiendo las especificaciones recomendadas por el MTOP, en lo referente a materiales, equipos y métodos de construcción, etc.

Los *aspectos básicos* en las especificaciones, consideran con respecto al conductor los tiempos de acción y reacción del mismo ante la presencia de obstáculos, dimensiones de los vehículos y vehículos de diseño, características de la operación vehicular, fricciones entre carretera y vehículo, etc.

En los *factores intermedios* las especificaciones y normas de diseño consideran entre los más importantes, las distancias de visibilidad de parada y rebasamiento y la reacción del conductor.

Finalmente lo *factores operacionales* tratan de describir el comportamiento total del sistema; conductor – vehículo – carretera – tráfico, tomando en consideración los parámetros de velocidades de diseño y operación vehicular, capacidad de carreta para acomodar el tráfico que soporta y seguridad en las operaciones.¹

D. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA EL TRAZADO DE CARRETERAS²

La utilización de poligonales abiertas como base de apoyo para efectuar levantamientos topográficos para el proyecto de carreteras, canales de riego, obras de conducción de agua, líneas de transmisión, etc., resultan más ventajosos que las triangulaciones topográficas, debido a que permiten mayor flexibilidad en la ubicación de los vértices.

² Pio Cueva Moreno, Proyecto, Construcción, Mantenimiento y Fiscalización de Caminos.Pg.4

La topografía es un factor principal de la localización física de la vía, pues afecta su alineamiento horizontal y vertical, sus pendientes, sus distancias de visibilidad y sus secciones transversales.

Las poligonales deben estar enlazadas en lo posible a hitos del I.G.M o a puntos comprobados de una red de triangulación. Cuando esto no es posible se deberá efectuar observaciones astronómicas para la ubicación y control de cierres.

Las direcciones de los lados de la poligonal. Quedan determinadas mediante los ángulos interiores, exteriores o de deflexión medidos en todos sus vértices.

Algunos problemas relacionados con la construcción, operación y conservación de la carretera, han mostrado la necesidad de fijar un peralte máximo. Se recomienda usar un peralte máximo establecido en normas calculado por las velocidades de diseño debido a que pueden producir desgaste a la capa de rodadura producido por en las velocidades de frenado y de circulación.

El problema de no existir una distancia de visibilidad radica en que en las carreteras exista tanto en planta como en perfil la distancia de visibilidad adecuada para que el conductor del vehículo pueda ver adelante con una distancia tal que permita tomar con garantía decisiones oportunas el momento de un adelantamiento.

IV. METODOLOGÍA

A. TIPO DE ESTUDIO.

Para nuestro estudio primeramente se llevo a cabo una Investigación de tipo Descriptiva, porque se debe definir los procedimientos a seguir para evaluar el diseño geométrico.

Luego se llevo a cabo un estudio de tipo Explicativo, porque se debe explicar los procedimientos realizados para la evaluación de diseño geométrico.

Después se realiza un estudio de tipo Evaluativo, porque se debe evaluar y determinar los resultados obtenidos del diseño geométrico. Posteriormente se llevo a cabo una Investigación Evaluativa, aplicada a evaluar y determinar los resultados obtenidos del diseño geométrico.

B. POBLACIÓN Y MUESTRA.

1. POBLACIÓN.

La investigación realizada se basa en la carretera que une las comunidades Shamanga, Pardo Troje, San José y Santo Domingo de Ugshapamba y Balbanera, corresponden a 2466 habitantes, de los cuales desglosaremos a los beneficiarios con una longitud de 2.6 Km.

C. PROCEDIMIENTOS.

1. ESTABLECER LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA VIA

Levantamiento Fotográfico:

Realizar el reconocimiento visual y descriptivo se determinara cada uno de los elementos viales que componen la vía, utilizando materiales e instrumentos como son:

- Tabla de datos descriptivos de la vía.
- Cámaras fotográficas.

Levantamiento Topográfico:

Se procederá a realizar el levantamiento de la faja topográfica de la carretera existente tomando en cuenta cada uno de los elementos viales para el mismo se debe constar con los siguientes elementos.

- 1 Estación Total Electrónica Modelo TRIMBLE_3305DR.
- 2 bastones con sus respectivos prismas,
- 1 GPS ESTACIONARIO Modelo MAGELLAN Tritón 300.
- 2 radio transmisores
- 1 cámara fotográfica.
- Jalones, libretas de campo, estacas, clavos y pintura.
- Software Land Desktop 2009

Comprobación del levantamiento con las normas:

Realizado el trazado de el eje de la carretera y todos sus elementos viales en el programa computacional Land Desktop 2009 se utilizara las normas de diseño NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS 2003 y se comprobara cada elemento con las normas tratando de definir los criterios que fueron asumidos.

2. SE DETERMINARA LA COBERTURA ACTUAL DE SERVICIO DE LA CARRETERA CRITERIOS DE DISEÑO

- Medición del Tráfico
- Encuestas de Origen y destino.

D. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

1. DETERMINAR LA POBLACIÓN DEMOGRÁFICA.

Se tabulara los datos obtenidos para un mejor entendimiento y posterior explicación.

2. SE ESTABLECE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA CARRETERA

- **Levantamiento Fotográfico:** se estudiara cada uno de los elementos geométricos y se analizara esas fotografías.
- **Levantamiento Topográfico:** se ejecutara con el levantamiento de la faja topográfica usando las técnicas y empleado análisis en sus graficas e instrumentos utilizando las correcciones correspondientes por los errores.
- **Comprobación del levantamiento con la normas:** Analizar conjuntamente con las normas cada uno de los aspectos con los que esta trazado la carretera.

3. SE DETERMINARA LA COBERTURA ACTUAL DE SERVICIO DE LA CARRETERA.

Se analizara cada uno de los factores de tráfico vehicular como sus características y criterios desarrollados en la vía.

V. RESULTADOS

A. ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA VÍA ACTUAL

Dado que existen grandes dificultades en el transporte de personas como del traslado de productos producidos en la mayoría de comunidades de la provincia, surge el interés de dar solución a la problemática existente, por tal motivo se deberá tomar en cuenta las siguientes características: la topografía del lugar (longitudes, pendientes y desniveles), la calidad y tipo de suelos, la forma geométrica o desarrollo de la vía, el número de obras de arte a construir, etc.

El estudio de reconocimiento consistirá en la recopilación de los datos existentes de tal forma que nos pueda proporcionar los datos más óptimos dentro de las condiciones de seguridad, y economía.

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO

Al tratarse de una reconstrucción o mejoramiento de una vía existente fue necesario hacer un reconocimiento integral de la carretera con los respectivos equipos topográficos y otros para su respectiva utilización.

B. POBLACIÓN

1. INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA

Según las encuestas realizadas la población total de las comunidades Shamanga, Pardo Troje, San José y Santo Domingo de Ugshapamba y Balbanera, corresponden a 2466 habitantes, de los cuales desglosaremos a los beneficiarios.

TABLA N° 1: INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA

COMUNIDADES	N° FAMILIAS	HABITANTES
Shamanga	120	520
Pardo Troje	60	360
San José	60	386
Santo domingo de Ugshapamba	69	350
Balbanera	150	850
TOTAL	459	2466

Elaboró: Christian Torres

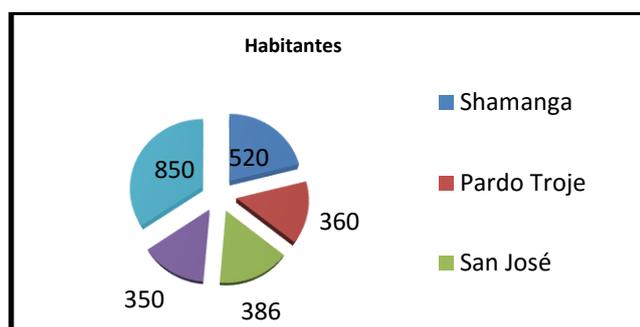


GRAFICO N° 1: INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA

Elaboró: Christian Torres

Las comunidades Shamanga, Pardo Troje, San José y Santo Domingo de Ugshapamba y Balbanera están conformadas por una población indígena, carentes en su mayoría de recursos económicos, según el recuento poblacional realizado en el año 2007, existen 459 jefes con una población de 2466 habitantes.

2. TASA DE CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO.

La tendencia de crecimiento anual es de 1.0%.

El análisis de la relación hombre mujer, hemos determinado que existe más mujeres que hombres, como se indica en el siguiente.

TABLA N° 2: TASA DE CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO

	AÑO	POBLACIÓN	N°	N°
	2007	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
N°		2466	1210	1256
(%)		100%	47%	53%

Elaboró: Christian Torres

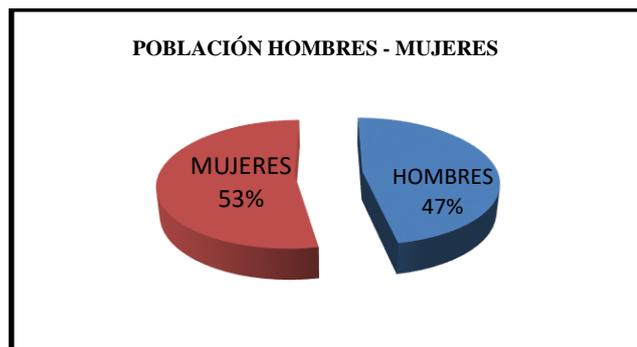


GRAFICO N° 2: TASA DE CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO
Elaboró: Christian Torres

3. POBLACIÓN ECONÓMICA ACTIVA

Podemos considerar que la Población económicamente Activa es el 90% de la Población total, por lo tanto el 10% representa al sector de los pobladores Desempleados.

Las comunidades Shamanga, Pardo Troje, San José y Santo Domingo de Ugshapamba y Balbanera que conforman la el sector de la Vía Shamanga Balbanera son eminentemente agrícolas y ganaderas.

4. ACTIVIDADES ECONÓMICAS

El sistema de producción agrícola enfrenta algunos problemas, como la falta de tecnificación, el elevado costo de los insumos agrícolas y demás factores que impiden una correcta y normal comercialización de los productos así como también el mejoramiento de la calidad de los mismos, que obstaculizan la libre competencia con otros productores. Se estima que un 61% de la población se dedica al cultivo en calidad de pequeños y medianos agricultores, sus productos como maíz, papas, frejol y también pastos, son para el consumo propio y para venta en los diferentes mercados de Riobamba.

En lo que respecta a la ganadería, la producción de leche también constituye un ingreso económico permanente para las familias.

Las principales actividades productivas de las comunidades beneficiadas con el proyecto de mejoramiento de la Vía Shamanga - Balbanera:

TABLA N° 3: ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Tiene producción de leche?		
COMUNIDADES	SI	NO
Shamanga		
Pardo Troje		
San José	40%	60%
Santo domingo de Ugshapamba		
Balbanera		

Elaboró: Christian Torres



GRAFICO N° 3: ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Elaboró: Christian Torres

El 40% tiene producción de leche, frente al 60% que manifestó no producir leche para el consumo y la venta, ellos se dedican a la cría de otras especies que según ellos es más rentable.

TABLA N°4: PRODUCCIÓN GANADERA Y DE ESPECIES MENORES

Cuántas vacas tienen?						
COMUNIDADES	No Tienen	1 a 2	3 a 4	5 a 10	11 a 15	16 a 20
Shamanga						
Pardo Troje						
San José	50%	40%	10%	-	-	-
Santo domingo de Ushapamba						
Balbanera						

Elaboró: Christian Torres



GRAFICO N° 4: PRODUCCIÓN GANADERA

Elaboró: Christian Torres

El 50% de los habitantes de las comunidades Shamanga, San José y Santo Domingo de Ugshapamba y Balbanera, que conforman el sector de la Vía Shamanga - Balbanera, no tienen vacas, por otro lado el 40% manifestó tener de 1 a 2 vacas, el 10% de 3 a 4 vacas.

TABLA N° 5: PRODUCCIÓN DE CERDOS

Cuántas cerdos tienen?			
COMUNIDADES	De 1 a 2	De 3 a 4	De 5 a 10
Shamanga			
Pardo Troje			
San José	80%	12%	8%
Santo domingo de Ushapamba			
Balbanera			

Elaboró: Christian Torres

El 80% de las Comunidades manifestó tener de 1 a 2 cerdos, mientras que el 12% posee de 3 a 4 cerdos en su hogar, sólo un 8% tiene de 5 a 10 cerdos.

5. ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 SALUD

Es importante remarcar la existencia de la medicina tradicional, las familias de este grupo de comunidades lo vienen practicando desde la época de sus antepasados.

En el área de influencia existen una variedad de plantas medicinales, entre las principales tenemos las siguientes: manzanilla toronjil, llantén, hierba mora, ortiga, cola de caballo, matico, es cancel, nogal, borraja, berro, flor de moradilla, sábila, pelo de choclo, cedrón, cascarilla, Zaragoza, santa maría; todas estas plantas con propiedades curativas específicas y que han sido utilizadas durante miles de años y está al alcance de todos, contribuyendo a llevar a cabo una de las tradiciones que se mantiene en el tiempo, no obstante se va tomando límites en ciertos casos, viéndose obligados a acudir a los centros de salud en búsqueda de la medicina general.

Las enfermedades respiratorias agudas son las más frecuentes, afectando tanto a hombres y mujeres de diferentes edades. Los niños son proclives de infecciones intestinales y parasitosis.

5.2 ASISTENCIA A ESTABLECIMIENTOS DE ENSEÑANZA

Dentro de las comunidades no existe un establecimiento educativo en cada una de ellas, es por ello que la mayoría de habitantes optan por salir a los centros educativos del Cantón Colta.

Los habitantes de estas comunidades tienen el sueño de que la educación sea el vehículo transformador, liberador y sobre todas las cosas mejorar el rendimiento escolar, disminuya la deserción y eleve el autoestima de niños y jóvenes, valoren su cultura sabiendo quiénes son y el rol que tienen que cumplir dentro de la sociedad ecuatoriana.

Los datos mostrados en el gráfico dicen que el número de personas que han cursado o están cursando el nivel primario, secundario y superior representa el 88%, en tanto que un 5% representa a la edad no escolar, mientras que el 7% de la población no han accedido a ningún tipo de educación.

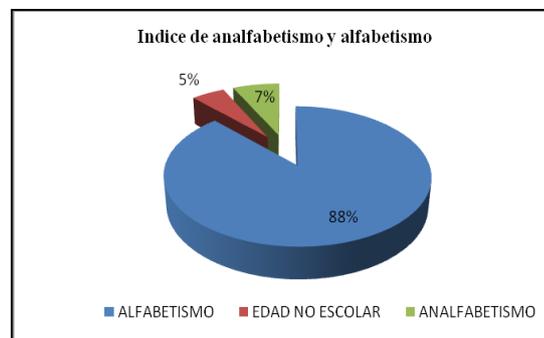


GRAFICO N° 6: INDICE DE ANALFABETISMO Y ALFABETISMO
Elaboró: Christian Torres

6. SERVICIOS

6.1 ENERGÍA ELÉCTRICA

Estas comunidades disponen de energía eléctrica permanente durante las 24 horas, la que es proporcionada por la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.; la misma que abastece del sistema interconectado.

La generación eléctrica sirve para cubrir la demanda especialmente de tipo doméstico.

6.2 TELEFONÍA

En las comunidades existe la telefonía fija, y celular de las empresas Porta y Movistar.

6.3 INFRAESTRUCTURA SANITARIA

LA ELIMINACIÓN DE AGUAS SERVIDAS

La mayoría de las comunidades en estudio no disponen de un sistema de alcantarillado en un 90%, pero tan solo el 50% utiliza este servicio debido a la falta de educación sanitaria hacia sus habitantes; considerando que el resto de la población lo realiza en su totalidad a campo abierto.

ELIMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS Y LA BASURA

No disponen de un sistema de eliminación de basura, así como tampoco de desechos sólidos, estos se los incinera en los terrenos utilizándolos como abono orgánico.

7. CLIMA

Las mesetas y hoyas, tanto de la depresión central como de otras áreas deprimidas, tienen un clima frío, esto es, muy suavizado en temperaturas y con constantes lluvias, lo que origina en algunas zonas incluso un clima y vegetación; esto va acorde con los páramos de altura y los nevados.

C. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para la obtención de la faja topográfica se tuvo que efectuar los trabajos de campo empezando con el levantamiento topográfico, para lo cual se utilizó una estación total TRIMBLE_3305DR permitiendo obtener los datos necesarios para realizar el respectivo dibujo.

El trabajo se inicio en la vía panamericana Shamanga punto que cuenta con coordenadas ya mencionadas, y tiene como punto de llegada la comunidad Balbanera, la longitud total es 2,6 Km entre los puntos mencionados, siguiendo por el camino actual, en cuya trayectoria se encontró que la topografía es regular, no posee taludes altos, se realizó el trabajo de campo, localizando vértices que nos servirán como estaciones de polígono para efectuar el levantamiento topográfico y poder alcanzar puntos transversales al eje y para la faja topográfica.

En nuestro caso nos ubicamos en el punto de inicio, con los valores de coordenadas y cotas ya ingresadas en la estación total con ayuda de un GPS. Superado ya el paso de tolerancias, se procede a obtener puntos de detalles para la obtención de la faja y del camino existente y luego el vértice siguiente del polígono, no tiene un orden establecido por lo que todo depende del personal que está trabajando, de la topografía del terreno, del estado del tiempo, de la precisión del operador, etc.

Debemos indicar además que se colocaron puntos de referencia cada 500 m en lugares fijos tales como: casas, árboles, rocas, etc.

Una vez obtenidos los datos de la topografía, con la utilización del programa AUTODESK LAND DESTOK se procedió interpolar los puntos y dibujar la faja total de los 2,6 Km, que nos permitirá realizar e diseño geométrico.

Cabe notar también que con la ayuda del mismo programa se dibujo el resto de detalles con los que se obtuvo el plano definitivo en el que consta la faja topográfica con curvas de nivel cada metro diferenciándose las curvas menores de las mayores, las mismas que se encuentran acotadas.

1. CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA

Dentro de estas características es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

Medio Ambiente: topografía, derrumbes, taludes, cursos de agua.

Obras de Arte: alcantarillas, cunetas, muros de contención.

Geometría de la vía: curvas horizontales, curvas verticales, sobreanchos, bermas, pendientes.

Superficie de Rodadura: ancho de superficie, tipo de superficie.

Descripción del Estado Actual de la Vía.

Se visualiza que la superficie de rodadura no se encuentra en buen estado en el tramo Shamanga-Balbanera, debido a que no se lo ha realizado ningún mantenimiento que tiene la actual vía.

Este tramo representa una plataforma, con una sección promedio de 3.2 m de ancho.

2. EVALUACIÓN VIAL.

a) Ancho De calzada

El ancho de la calzada en la mayor parte de la carretera es de 3.2 m y 3.5 m

b) Pendientes

En el proyecto la pendiente oscilan pendientes que van desde 0.5 a 1.8%.

c) Berma y Sobreancho.

En la carretera de análisis no posee estos parámetros como son bermas y Sobreancho.

d) Curvas Horizontales, Longitud y Radios

En mi proyecto el alineamiento horizontal será moderado, con curvas de radio amplio, evitando cambios bruscos de dirección. Siempre que sea posible sin sacrificar un buen alineamiento horizontal, es conveniente ubicar los puentes en línea recta y a 90° respecto a la dirección de la corriente.

TABLA N° 6: CURVAS HORIZONTALES ACTUALES

CURVAS HORIZONTALES ACTUALES					
N°	ORIENTACION	ABSCISA		LC (m)	R (m)
		PC	PT		
1	DERECHA	9809687.307	749388.335	130.783	29.934
2	DERECHA	9809857.425	749169.041	1.034.018	29.999
3	DERECHA	9809891.075	749148.051	112.924	29.912
4	IZQUIERDA	9809928.460	749133.133	372.559	29.992
5	IZQUIERDA	9810140.156	749041.789	556.630	49.983
6	IZQUIERDA	9810339.272	748941.110	705.207	49.990
7	IZQUIERDA	9810632.431	748763.813	471.581	29.995
8	IZQUIERDA	9810852.063	748635.257	334.355	29.990

Elaboró: Christian Torres

D. ESTUDIO DE TRÁFICO.

a. ASPECTOS GENERALES

El avance del tiempo ha sido un factor importante para el desarrollo de los pueblos alrededor de todo el mundo. Originándose así la formación de culturas y todo tipo de agrupaciones humanas, los cuales han estado en la búsqueda permanente del desarrollo de sus pueblos en los aspectos político, económico, social y cultural.

Durante el transcurso del tiempo el hombre ha demostrado su mentalidad expansionista, con lo cual consigue satisfacer sus necesidades y perdurar su supervivencia. Esto se consigue únicamente con la construcción de vías de comunicación que permitan el traslado de un lugar a otro con mucha facilidad, así pues se consigue el intercambio comercial entre pueblos.

Por las características topográficas del país ha permitido que las vías de comunicación sean el aporte más importante en el intercambio comercial de todo tipo, generando progreso y disminuyendo el índice de pobreza. La apertura de muchas fuentes de trabajo como lo es la agricultura, ganadería hacen que el país obligue a un mejoramiento de las vías para poder trasportar los diferentes productos a los centros de acopio. Esto incentiva al mejoramiento de las vías y

construcción de otras con lo cual se consigue disminuir el costo de los productos y mejorar el servicio al público.

Con el estudio para el mejoramiento de la vía panamericana Shamanga – Balbanera – Cantón Colta Provincia del Chimborazo, permitirá que las zonas urbanas y rurales se unan, con lo cual se consigue fortalecer los principios e ideales de ecuatorianidad.

Como es conocido el tráfico forma parte fundamental para el diseño geométrico de una vía, ya que con estos datos podemos determinar el volumen máximo de vehículos que la carretera puede servir al usuario. Como es conocido el transporte terrestre está relacionado con el movimiento y la circulación de vehículos, para su correcta aplicación en el estudio y diseño de las vías es importante conocer las normas que las rigen.

Para controlar el tráfico es necesario realizar los denominados conteos de vehículos, el cual permitirá conocer muchos aspectos para su diseño.

b. ASPECTOS PARTICULARES

Según el trabajo realizado en el sector el tráfico vehicular es mínimo, la vía es utilizada por camionetas y buses que salen desde la ciudad de Villa la Unión hasta las diferentes comunidades beneficiadas. Estos vehículos también transportan todo tipo de productos agrícolas y ganaderas de la zona. La baja circulación vehicular se debe básicamente al mal estado de la vía en la actualidad, el cual pone en consideración su reconstrucción inmediata.

c. ESTACIONES DE CONTEO

Para determinar el número y el tipo de transporte que circula por esta vía se realizó un conteo de 06h00 a 18h00 durante los 7 días de la semana. El estudio de tráfico determina los parámetros para el diseño geométrico de la vía y la capacidad de circulación existente.

ESTACION DE CONTEO 1:

VIA SHAMANGA BALBANERA KM 1+650 HACIA BALBANERA KM 0+000

ESTACION DE CONTEO 2:

VIA SHAMANGA BALBANERA KM 0+000 HACIA SHAMANGA KM 1+650

TABLA N° 7: CONTEO DE TRÁFICO

CONTEO DE TRAFICO
REALIZADO POR: CHRISTIAN XAVIER TORRES ALVAREZ
LUGAR: VIA SHAMANGA BALBANERA
REVISADO POR: ING. ANGEL PAREDES. ING. DIEGO BARHONA. ING. VICTOR VELASQUEZ.

Elaboró: Christian Torres

**TABLA N° 8: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TRÁFICO
MES: JULIO DEL 2011**

DIA	CAMIONETAS	1 EJE H10 (9 Tn)	2 EJES H15 (13,7 Tn)	TOTAL
DOMINGO 22	214	10	4	228
LUNES 23	165	14	2	181
MARTES 24	109	10	5	124
MIERCOLES 25	50	7	1	58
JUEVES 26	44	8	1	53
VIERNES 27	29	5	0	34
SABADO 28	43	9	0	52
SUMATORIA DEL TRAFICO				730
TRAFICO ACTUAL PROMEDIO DIARIO				104

Elaboró: Christian Torres

Los camiones de 9,0 Tn (H10) son utilizados para el transporte de leche las comunidades aledañas y las fábricas de productos derivados de la leche, el mismo

tipo de camión se utiliza para el traslado de ganado para su comercialización, los días jueves y viernes. Los vehículos 13,7 Tn (H15) recorren en esta vía en menor proporción.

Los resultados obtenidos del conteo de tráfico se resumen a continuación:

d. TIPOS DE VEHÍCULOS

Los vehículos que circulan por las carreteras influyen el diseño fundamentalmente desde dos puntos de vista, la velocidad que son capaces de desarrollar y las dimensiones que le son propias.

Los vehículos livianos: automóviles y similares, determinan las velocidades máximas a considerar en el diseño, así como las dimensiones mínimas, ellas participan en la determinación de las dimensiones de visibilidad de frenado y adelantamiento.

Los vehículos pesados: camiones de diversos tipos, y en menor medida los buses, experimentan reducciones importantes en su velocidad de operación cuando existen tramos en pendiente. La necesidad de limitar estas reducciones de velocidad determina la longitud y magnitud aceptable de las pendientes.

Las dimensiones de estos vehículos: largo, ancho y alto, influyen en gran medida diversos elementos de la sección transversal y determinan los radios mínimos de giro, los ensanches de la calzada en curva y el galibo vertical bajo estructuras.

Las dimensiones consideradas para el diseño y los radios de giro mínimos.

- **DIMENSIONES DE VEHICULOS**

Tabla N° 9: Tabla de Dimensiones Automóviles

	Livianos	Bus	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3(1.3)	4.1	4.1(4.1)	4.1(4.1)	4.1	4.1
Ancho	2.1(2.1)	2.6	2.6(2.6)	2.6(2.6)	2.6	2.6
Longitud	5.8(5.8)	12.1	9.1(9.2)	16.7(16.8)	21.0	22.5
Voladizo Delantero	0.9(0.9)	2.1	1.2(.2)	0.9(0.9)	1.2	1.2
Voladizo trasero	1.5(1.5)	2.4	1.8(1.8)	0.6(0.6)	0.9	0.9
Distancia entre ejes Extremos, WB1	3.4(3.4)	7.6	6.1(6.1)	6.1(6.1)	6.1	6.1
Distancia entre ejes Extremos, WB2				9.1(9.2)	12.8	14.3

Fuente: AASHTO Diseño Geométrico de Vías Pág. 35

Las dimensiones de los vehículos y su movilidad son factores de incidencia relevante en el diseño.

Largo, ancho y alto de los vehículos condicionan en gran medida diversos elementos de la sección transversal, los radios de giro, los ensanches de calzada en curvas y los gálibos verticales bajo estructura. Su peso es uno de los factores determinantes del cálculo estructural de pavimento y estructuras.

Las dimensiones tipo de automóviles y camiones de dos ejes se presentan en las figuras I y II, respectivamente, junto con la representación de los radios de giro mínimos para estos vehículos y sus trayectorias para cambios de dirección progresivos.

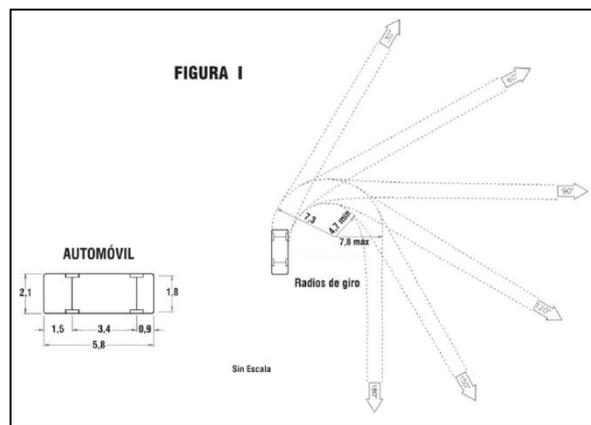


GRAFICO N° 7: DIMENSIONES AUTOMÓVIL

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

En la figura III y IV se puede observar la misma información gráfica relativa a los buses interurbanos y los camiones semi-remolque, respectivamente.

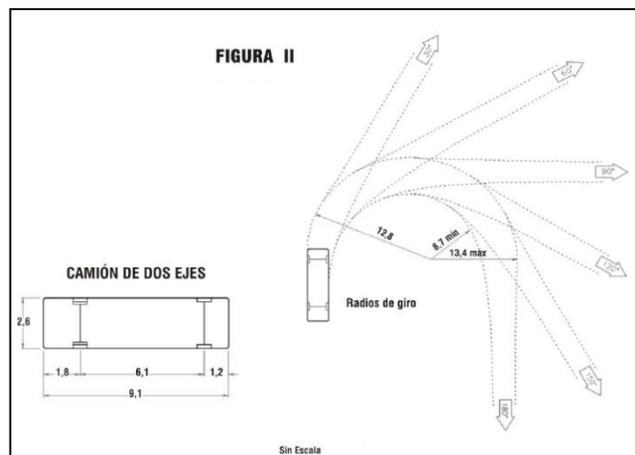


GRAFICO N° 8: DIMENSIONES CAMIÓN DE DOS EJES

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

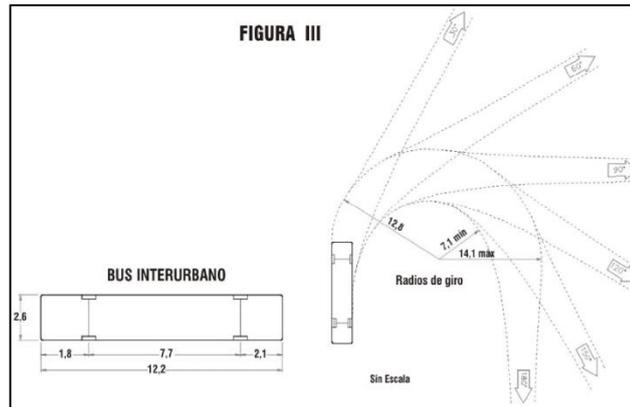


GRAFICO N° 9: DIMENSIONES BUS INTERURBANO

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

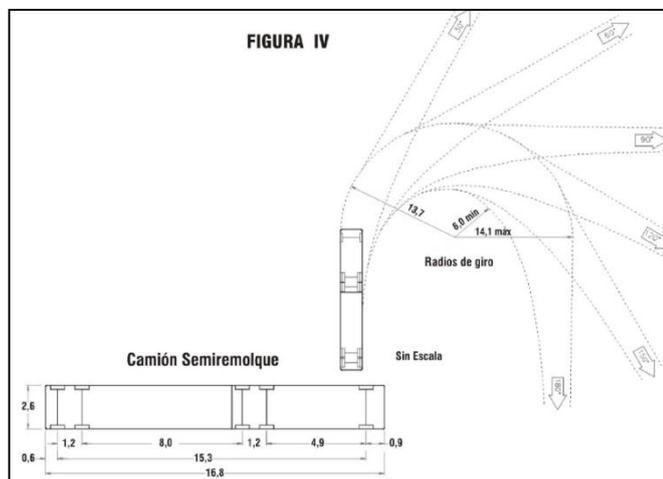


GRAFICO N° 10: DIMENSIONES CAMIÓN SEMIREMOLQUE

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

El proyecto en estudio, luego de haber realizado el análisis de tráfico se determinó la presencia de vehículos livianos, básicamente camionetas y buses que sirven para el transporte de toda clase productos agrícolas y ganaderos de la zona. Los cuales también sirven para la movilización de las personas hasta los diferentes sitios.

TABLA N° 10: TRÁFICO ACTUAL ACUMULADO DE 7 DÍAS

TRAFICO ACTUAL ACUMULADO DE 7 DIAS	
CAMIONETAS	654
1 EJE H10 (9 Tn)	63
2 EJES H15 (13,7 Tn)	13
TOTAL	730

Elaboro: Christian Torres.

**RESUMEN DEL CONTEO HORARIO
ESTACION DE CONTEO SHAMANGA ABCISIA 1+650**

HORA	LIVIANOS	1 EJE	PESADOS		TOTAL
			2 EJES	> 2 EJES	
0:00 a 6:00	0	0	0	0	0
6:00 a 18:00	57	3	3	0	63
18:00 a 24:00	0	0	0	0	0
TOTAL	57	3	3	0	63

FACTORES DEL CONTEO HORARIO DIARIO

0:00 a 6:00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6:00 a 18:00	90%	5%	5%	0%	
18:00 a 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	
TOTAL	90%	5%	5%	0%	

FACTOR DE APLICACIÓN PARA TIPO DE VEHICULOS

HORA	LIVIANOS	1 EJE	PESADOS		TOTAL
			2 EJES	> 2 EJES	
FACTOR	0,00	0,00	0,00	0,00	

**RESUMEN DEL CONTEO HORARIO
ESTACION DE CONTEO BALBANERA ABCISIA 0+000**

HORA	LIVIANOS	1 EJE	PESADOS		TOTAL
			2 EJES	> 2 EJES	
0:00 a 6:00	0	0	0	0	0
6:00 a 18:00	52	7	2	0	61
18:00 a 24:00	0	0	0	0	0
TOTAL	52	7	2	0	61

FACTORES DEL CONTEO HORARIO DIARIO

0:00 a 6:00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6:00 a 18:00	83%	11%	3%	0%	
18:00 a 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	
TOTAL	83%	11%	3%	0%	

FACTOR DE APLICACIÓN PARA TIPO DE VEHICULOS

HORA	LIVIANOS	1 EJE	PESADOS		TOTAL
			2 EJES	> 2 EJES	
FACTOR	0,00	0,00	0,00	0,00	

COMPOSICION VEHICULAR

LIVIANOS	1 EJE	PESADOS	TOTAL
88,46	9,62	1,92	100,00

TRAFICO OBSERVADO

LIVIANOS	1 EJE	PESADOS	TOTAL
92	10	2	104

TABLA N° 11: CUADRO RESUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

LIVIANOS	1 EJE	PESADOS	TOTAL	FACTORES
92	10	2	104	TO
1,000	1,000	1,000		Fh
1,000	1,000	1,000		Fd
1,000	1,000	1,000		Fs
1,079	1,079	1,079		Fm
99	11	2	112	TPDA

Elaboró: Christian Torres

Factor Horario, Fh = 1 Porque el conteo del trafico entre las 00h a 6 h, y entre las 18 h a 24 h es cero

Factor Diario, Fd = 1 porque el conteo de trafico se realizó para las 24 horas

Factor Semanal, Fs = 1 porque el conteo se realizó para los siete días de la semana

Factor Mensual, Fm = 1.079 obtenido en basa a tablas del consumo de combustible

FACTOR MENSUAL Fm DE APLICACION PARA TIPO DE VEHICULOS

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
7,80%	7,50%	8,00%	8,20%	7,80%	8,10%	8,50%	8,50%	8,40%	7,90%	7,80%	11,20%

Fuente: Ing. Raúl Guamán Consultor

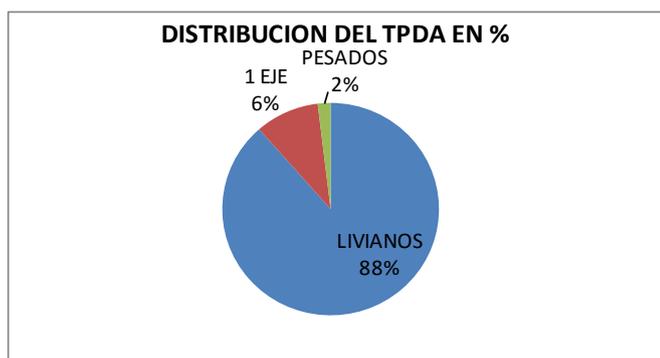


GRAFICO N° 11: TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL ACTUAL
Elaboró: Christian Torres

e. CÁLCULO DE TPDA

El TPDA (tráfico promedio diario anual), es el número de vehículos diarios que en promedio espera que circule y se ha obtenido por observaciones en un año, que es volumen de tráfico anual dividido para 365 días.

Para la determinación del TPDA es suficiente establecer el tráfico en una semana, durante una semana por trimestre mediante los volúmenes de tránsito durante los días feriados.

Es importante que el conteo pueda ser manual ó automático, el primero corresponde a estar en el sitio y poder apreciar la realidad del tráfico, con el cual se puede considerar muchos aspectos para el diseño de la vía. A diferencia del conteo automático éste trabaja de la siguiente manera, por cada dos impulsos recibidos registran un vehículo.

$$TPDA = TPDA \text{ Futuro} + \text{Tráfico Atraído} + \text{Tráfico Generado} + \text{Tráfico por Desarrollo}$$

TRÁFICO FUTURO

Es el TPDA proyectado al número de años de la vida útil de la vía, en este caso será nuestro periodo de diseño que se lo hará para 20 años. Entonces con el estudio de tráfico realizado se puede estimar el tráfico futuro, para un determinado periodo de diseño, a este hay que añadir el tráfico por razones de ahorro de tiempo, menor costo de operación y distancia.

$$TPDA_{fUTURO} = TPDA_{actual} \times (1 + i)^n$$

i = Índice de crecimiento anual.

n = Vida útil de la vía (# en años).

TABLA N° 12: TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR

TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR POR TIPOS			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2001 – 2006	4.37	3.01	2.75
2006 – 2009	3.97	2.86	2.42
PROMEDIO	4.17	2.94	2.59

FUENTE: Ministerio de Obras Públicas

El Ministerio de Obras Públicas estima que la tasa de crecimiento vehicular en el Ecuador está en el orden de 7 al 14%, para nuestro proyecto vamos a determinar el tráfico futuro con los promedios del índice de crecimiento por tipos, con lo cual obtenemos:

Trafico Futuro para diez años:

➤ **Periodo de diseño = 10 años**

Tráfico Futuro = TPDA Actual $(1+i)^n$

Tráfico Futuro = $99(1+0.0417)^{10}+11(1+0.0294)^{10}+2(1+0.0259)^{10}$

Tráfico Futuro = 166 (Vehículos /día)

Trafico Futuro para veinte años:

➤ **Periodo de diseño = 20 años**

Tráfico Futuro = TPDA Actual $(1+i)^n$

Tráfico Futuro = $99(1+0.0417)^{20}+11(1+0.0294)^{20}+2(1+0.0259)^{20}$

Tráfico Futuro = 247 (Vehículos /día)

Detallamos a continuación el cálculo de cada uno de los componentes de la fórmula del TPDA del proyecto.

TRÁFICO ATRAÍDO

Es el tráfico desviado y varia del 20% al 30% del TPDA actual, vienen de vías existentes que se encuentran cerca del lugar del proyecto con el objeto de reducir costos de operación.

Tráfico Atraído = TPDA Actual x 10%

Tráfico Atraído = $112 \times 0.10 = 11.20$

Tráfico Atraído = 11 (Vehículos/día)

TRÁFICO GENERADO

Es el número de viajes que generaría la vía por influencia, de ninguna manera es mayor al 20% del TPDA actual. Este tráfico es acarreado por el mejoramiento de la vía, el cual se unen al tráfico actual y se producen durante los primeros 2 ó 3 años de la vida útil de la vía.

Tráfico Generado = TPDA Actual x 20%

Tráfico Generado = 112 x 0.20% = 22.4

Tráfico Generado = 22 (Vehículos/día)

TRÁFICO POR DESARROLLO

Se produce por la incorporación de nuevas áreas de producción, varía entre 5% al 7% del tráfico de los vehículos. Básicamente en este sector que es netamente agrícola y ganadero se estima que tendrá un crecimiento económico y esto generará un incremento de vehículos en la vía.

Tráfico por Desarrollo = (5% - 7%) *(# de Vehículos que actualmente salen cargados)

Entonces:

Actualmente salen vehículos cargados = 2 Vehículos

Adoptamos el 7% para garantizar el incremento que podría generarse.

Tráfico por Desarrollo = 2x0.07

Tráfico por Desarrollo = 0.14

Tráfico por Desarrollo = 1 (Vehículo/día)

TPDA_{proyecto} = *TPDA Futuro* + *Tráfico Atraído* + *Tráfico Generado* + *Tráfico por Desarrollo*

TPDA_{proyecto} = 247 + 11 + 22 + 1

TPDA_{proyecto} = 281 (Vehículo/día)

f. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

Con los resultados obtenidos del cálculo del tráfico diario y determinado los parámetros para el cálculo del TPDA del proyecto, éste corresponde a un TPDA proyecto = 281 (Vehículo/día), que corresponde a una vía de Cuarto Orden.

TABLA N° 13: TIPOS DE CARRETERAS

CLASES DE CARRETERAS	TRAFICO PROYECTADO T.P.D.A
R - I ó R - II	<i>MAS DE 8000 VEHICULOS</i>
I	<i>DE 3000 A 8000 VEHICULOS</i>
II	<i>DE 1000 A 3000 VEHICULOS</i>
III	<i>DE 300 A 1000 VEHICULOS</i>
IV	<i>DE 100 A 300 VEHICULOS</i>
V	<i>MENOS DE 100 VEHICULOS</i>
T.P.D.A ES EL VOLUMEN DEL TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL	

FUENTE: Ministerio de Obras Públicas

g. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN.

La velocidad de circulación en carretera es considerada como un esfuerzo de trabajo, pues permite proporcionar al usuario una carretera con mayor grado de seguridad, lo que no sucede cuando la misma vía es diseñada para la velocidad de proyecto.

h. VELOCIDAD DE DISEÑO.

Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esta velocidad se calcula los elementos geométricos de vía para su alineamiento horizontal y vertical.

La velocidad de diseño se acepta en atención a diferentes factores:

- Topografía del terreno.
- Clase o tipo de carretera.
- Volumen de tráfico.
- Uso de la tierra.

Tabla N° 14: VELOCIDAD DE DISEÑO

NORMAS	CLASE III 300 – 1000 TPDA						CLASE IV 100 – 300 TPDA						CLASE V MENOS DE 100 TPDA					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	M	O
VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25	60	50	40	50	35	25

FUENTE: MOP

La velocidad de diseño para mi proyecto es 60 KPH.

En algunos cálculos intervienen la velocidad de circulación, la misma que se obtiene dividiendo un tramo del camino para el tiempo que demora en el recorrido el vehículo.

La AASHO recomienda calcular como un porcentaje de la velocidad de diseño bajo el siguiente criterio:

Para volúmenes de tráfico bajos (TPDA < 1000) se usará la siguiente ecuación:

$$V_c = 0,80 * V_d + 6,5$$

Y para volúmenes de tráfico intermedios (1000 < TPDA < 3000)

$$V_c = 1,32 * V_d^{0,89}$$

En donde:

V_c = Velocidad de circulación, expresada en kilómetros por hora.

V_d = Velocidad de diseño, expresada en kilómetro por hora

En nuestro proyecto:

$$V_d = 60 \text{ K.P.H.}$$

$$\text{T.P.D.A.} < 1000$$

Se utiliza la expresión:

$$V_c = 0,80 * V_d + 6,5$$

$$V_c = 0,80 * 60 + 6,5$$

$$V_c = 54,50 \text{ K.P.H.}$$

i. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO HORIZONTAL DE LA VÍA.

Las características y limitaciones de los vehículos y de los conductores deben regir el diseño horizontal de la vía, misma que debe ser eficiente en el día y la noche, en tiempo bueno y en malo, y satisfacer el tráfico actual y futuro.

Los factores que intervienen en el diseño de una vía son:

1. Factor humano
2. Factor vehicular
3. Factor vial

j. PENDIENTE TRANSVERSAL

Es necesario dar al camino una pendiente transversal que permita el escurrimiento de las aguas lluvias de la calzada y en los espaldones.

Esta pendiente puede variar dependiendo del tipo de pavimento, siendo recomendada para la calzada el 2% para pavimentos con capa de rodadura asfáltica y 4% como norma general.

Tabla N° 15: Tipos de Superficie de Rodadura

TIPOS DE SUPERFICIE		BOMBEO (%)
MUY BUENO	Superficie con cemento hidráulico, asfáltico tendido con extendidora mecánica	1,00 a 2,00
BUENO	Superficie con mezcla asfáltica con motoconformadora carpeta de riego	1,50 a 3,00
REGULAR O MALA	Superficie de tierra grava	2,00 a 4,00

FUENTE: MOP

En mi proyecto utilizaremos un bombeo del 2,00%

k. SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO

La sección transversal de una carretera corresponde a un corte vertical normal al eje de alineamiento horizontal, definiendo la ubicación y dimensiones de cada uno de los elementos que conforman dicha carretera en un punto cualquiera y su relación con el terreno natural.

CARRETERA CLASE : IV

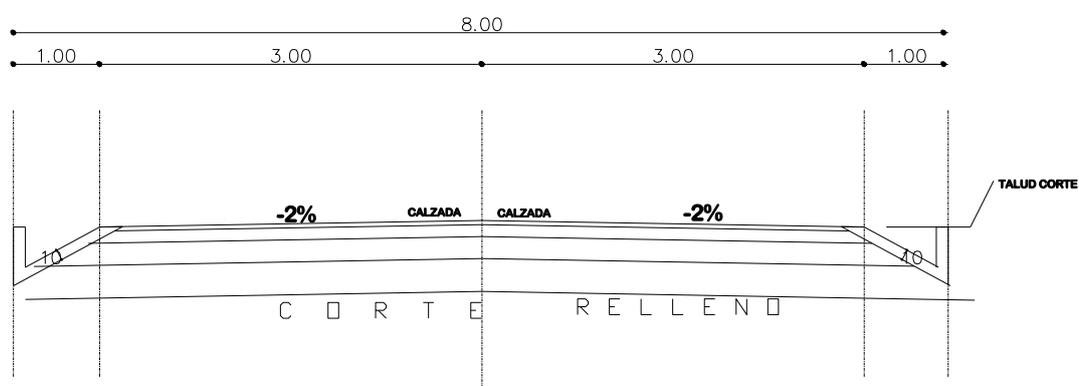


Gráfico N° 12: Sección Transversal Típica

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.247

Los elementos que conforman la sección transversal de una vía y sus correspondientes dimensiones deben tener en cuenta aspectos como la importancia de la vía, volúmenes de tránsito y composición, la velocidad de diseño, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento y la disponibilidad de recursos económicos.

La sección transversal típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad y comodidad de los usuarios.

Quiere decir, que la sección transversal de una carretera puede cambiar por tramos a lo largo del proyecto, dependiendo de cómo sea el comportamiento de los factores que la definen.

Espaldones.- El diseño de los espaldones está vinculado con el orden o tipo de carretera y con la topografía del terreno.

Calzada.- La parte del camino donde circulan los vehículos, incluyendo los carriles auxiliares, pero excluyendo los espaldones.

Cunetas.- Zanjas, revestidas o no, que recogen y canalizan las aguas superficiales y se desarrollan paralelamente al Camino.

Derecho de Vía.- Concepto jurídico que faculta la ocupación, en cualquier tiempo, del terreno necesario para la construcción, conservación, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos.

I. ALINEAMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES

Para el alineamiento horizontal y vertical se deberá considerar los valores que nos proporciona el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, los cuales son:

Tabla N°16. Normas para la carretera CLASE IV

NORMAS	CLASE IV 100 - 300 TPDA					
	NORMAS					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (K.P.H)	80	60	50	60	35	25*
Radio Mínimo de curvas horizontales (m)	210	110	75	110	30	20
Distancia de Visibilidad para parada (m)	180	70	55	70	35	25
Distancia de Visibilidad para rebasamientos (m)	480	290	210	290	150	110
Peralte (%) Máximo 10% V < 50 K.P.H	10	10	10	10	10	10
Coeficiente "K" para						
Curvas verticales convexas (m)	28	12	7	12	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)	24	15	10	5	15	3
Gradiente longitudinal máxima (%)	5	6	8	6	8	12
Gradiente longitudinal mínima (%)	5	5	5	5	5	5
Ancho Pavimento	6	6	6	6	6	6
Clase de Pavimento	Capa Granular o Empedrado					

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

VI. DISCUSIÓN.

Para la evaluación del diseño geométrico de la VÍA PANAMERICANA SHAMANGA - BALBANERA se encuentra ubicado en la Parroquia Santiago de Quito, Cantón Colta, Provincia de Chimborazo, se seleccionó el programa computarizado Software Land Desktop 2009, por la característica que posee este programa que es utilizado específicamente para el diseño de carreteras y topografía; en base al Análisis de los alineamientos horizontales y verticales obtenido previamente por la franja topográfica del camino, se obtuvieron los deslizamientos, las características topográficas y geométricas de la carretera, y se logró demostrar las deficiencias en sus alineamientos verticales.

Para determinar el TPDA, lo ideal fue disponer de los datos de dos estaciones de conteo que permitan conocer las variaciones diarias, y estacionales. Además convendría disponer del registro de datos de un período de varios años que proporcione una base confiable para pronosticar el crecimiento de tráfico que se puede esperar en el futuro. Como no es usual ni práctico tener estaciones permanentes en todas las rutas, se puede estimar en una primera semana el TPDA semanal, efectuando montajes por muestreo de 12 horas diarias, durante 7 días incluyendo un sábado y domingo. En lo posible, las muestras semanales que se obtengan deberán corresponder a los meses y semanas más representativos del año, con el objeto de tomar en cuenta las variaciones estacionales máximas y mínimas.

Los resultados que se obtienen en las investigaciones de campo, son procesados con el objeto de conocer la relación que existe entre los volúmenes de tránsito de los días ordinarios respecto a los correspondientes a los fines de semana y realizar los ajustes respectivos para obtener el TPDA semanal. En la etapa final se puede ajustar el TPDA semanal en base a factores mensuales obtenidos de datos de las estaciones permanentes, cuando éstas están disponibles, o del consumo de gasolina u otro patrón de variación estacional como la

periodicidad de las cosechas. Si caracterizamos la carretera es decir determinamos la clase de carretera usando para el mismo el TPDA nos da en evidencia que es una carretera de Clase IV caracterizada por la zona rural existente en la zona, muchos de estos parámetros nos ayudan a determinar qué cantidad de flujo vehicular puede existir en el futuro y a si poder plantear mejoras o nuevos diseños.

Cabe señalar además, la conveniencia de estimar no solo la demanda más probable sino indicar cifras de estimaciones máximas y mínimas, con el objeto de apreciar la influencia que podrían tener sobre el proyecto las situaciones extremas previsibles.

La predicción de tráfico sirve, además, para indicar cuando una carretera debe mejorar su superficie de rodadura o para aumentar su capacidad; esto se hace mediante la comparación entre el flujo máximo que puede soportar una carretera y el volumen correspondiente a la 30ava hora, o trigésimo volumen horario anual más alto, que es el volumen horario excedido sólo por 29 volúmenes horarios durante un año determinado.

En la realización de los estudios para el diseño geométrico de un camino es de suma importancia la topografía del terreno, siendo este un factor determinante en la elección de los valores de los diferentes parámetros que intervienen en su diseño.

Al establecer las características geométricas de el camino se hace en función de las características topográficas del terreno: llano, ondulado y montañoso, este que su la vez puede ser suave o escarpado.

Se determinó que el tipo de terreno en la carreta es ondulado caracterizada por varias curvas.

Referente a la velocidad de diseño en el estado actual de la carretera la misma que se eligió en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor fue de 60 K.P.H. este es el máximo compatible con la seguridad,

eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esta velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía para su alineamiento horizontal y vertical.

Los alineamientos horizontales presentan 2 tipos de errores caracterizados por curvas muy cerradas; por lo erosionada de la carretera no existen peraltes en las secciones transversales de la carretera.

Los alineamientos verticales no presentan cualidades de diseño realizados encontrándose pendientes que van desde 0.10% hasta un 11.50% permitiendo que existan curvas verticales de radios que van desde 15 m. hasta 800 m los mismos que pueden ser analizado en vista a la velocidad de circulación permitiendo que su radio mínimo sea de 15 m utilizando la ecuación de la norma ya analizada.

Investigando si existieron estudios previos a la construcción o ejecución de esta carretera se pudo constatar que no se le da la prioridad necesaria a las carreteras en la zona rural sin desmerecer el interés de mejoramiento que desea la comunidad.

A continuación se presenta los resultados obtenidos del cálculo de los elementos geométricos actuales de la vía.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A. CONCLUSIONES

- Al determinar el tráfico para un periodo de diseño de 20 años en nuestra análisis se estableció un TPDA de 281 vehículos, de tal manera nuestra vía según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas es de IV Orden.
- Mediante normas establecidas por el M.T.O.P y con el conteo vehicular se pudo determinar que el TPDA proyectado se encuentra entre 100 – 300 vehículos por día.
- La relación entre la Velocidad de circulación y la Velocidad de diseño por volúmenes de tránsito alto no se utiliza para fines de diseño, siendo su característica solamente ilustrativa.
- Se pudo determinar que las dimensiones de la sección transversal de la carretera no está en función de las Normas de Diseño Geométrico y que no poseen obras de arte en todo el proyecto.
- Los proyectos de infraestructura que se realiza en el Gobierno Provincial de Chimborazo, ayudan al desarrollo, beneficiando y mejorando el nivel de vida de los habitantes.
- La reconstrucción de la carretera Shamanga-Balbanera tendrá un beneficio para el desarrollo económico de las comunidades aledañas al proyecto.

B. RECOMENDACIONES

- Las variables más importantes a tener en cuenta en la Ingeniería de caminos son las pendientes del terreno y la capacidad portante del suelo para soportar la carga esperada y la estimación correcta de la intensidad de uso de la misma.
- La reconstrucción de esta vía en el menor tiempo beneficiara a los sectores aledaños proporcionando mejores perspectivas, aumentando el comercio y la producción, generando mayores ingresos a la población y facilitando la integración del sector al resto del país
- En la carrera de Ingeniería Civil se capacite en el manejo de Software actuales para diseño como el AutoCad Land Desktop en la cátedra de Ingeniería Vial.
- Antes de ejecutar el proyecto es necesario realizar un estudio de Impacto Ambiental, en el cual indique las acciones que se deben realizar.

VIII. PROPUESTA.

A. TITULO DE LA PROPUESTA.

Diseño Geométrico de la carretera Shamanga-Balbanera del Cantón Colta de la Provincia de Chimborazo de 2,6 km de longitud.

B. INTRODUCCIÓN.

El diseño geométrico es la parte más importante del proyecto de una carretera y/o mejoramiento de la misma, estableciendo, con base en los condicionantes o factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, estética y economía.

La funcionalidad vendrá determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características, así como por el volumen y propiedades del tránsito, permitiendo una adecuada movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una suficiente velocidad de operación del conjunto de la circulación.

La seguridad vial debe ser la premisa básica en cualquier diseño vial, inspirando todas las fases del mismo, hasta las mínimas facetas, reflejada principalmente en la simplicidad y uniformidad de los diseños.

Todo ello ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los alineamientos.

La integración en su entorno debe procurar minimizar los impactos ambientales, teniendo en cuenta el uso y valores de los suelos afectados, siendo básica la mayor adaptación física posible a la topografía existente.

C. OBJETIVOS.

1) GENERAL.

Proveer el diseño geométrico para la reconstrucción de la carretera Shamanga-Balbanera del Cantón Colta de la Provincia de Chimborazo de 2,6 km de longitud.

2) ESPECÍFICOS.

- Realizar el estudio de tráfico y de esta manera establecer el tipo de vía.
- Realizar el diseño geométrico
- Determinar Normas de Diseño, alternativas de ruta y especificaciones de diseño a través del diseño geométrico de la vía para establecer el alineamiento horizontal y vertical.
- Realizar el presupuesto del Diseño Geométrico de la vía.

D. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA.

1. Tipos de conteo para determinar el TPDA³.

Manuales: Son irremplazables por proporcionarnos información sobre la composición del tráfico y los giros en intersecciones de las que mucho depende el diseño geométrico de la vía.

Automáticos: Permiten conocer el volumen total del tráfico. Siempre deben ir acompañados de conteos manuales para establecer la composición del tráfico. Con los equipos de conteo automático debe tenerse mucho cuidado con su calibración, ya que cuentan pares de ejes (por cada dos impulsos percibidos registran un vehículo).

2. Período de observación.

Para un estudio definitivo, se debe tener por lo menos un conteo manual de 7 días seguidos en una semana que no esté afectada por eventos especiales.

³ T.A.M.S-ASTEC Normas de Diseño Geométrico de Carreteras Pág. 14-22

3. Tráfico Futuro.

Las proyecciones de tráfico se usan para la clasificación de las carreteras e influyen en la determinación de la velocidad de diseño y de los demás datos geométricos del proyecto.

$$T_f = T_a (1+i)^n$$

T_f = Tráfico futuro o proyectado T_a = Tráfico actual

i = Índice de crecimiento anual.

n = Vida útil de la vía (# en años).

Trafico Futuro para diez años:

Tráfico Futuro = 166 (Vehículos /día)

Trafico Futuro para veinte años:

Tráfico Futuro = 247 (Vehículos /día)

4. Tráfico generado.

El tráfico generado está constituido por aquel número de viajes que se efectuarían sólo si las mejoras propuestas ocurren.

Generalmente, el tráfico generado se produce dentro de los dos años siguientes a la terminación de las mejoras o construcción de una carretera.

Se establece como límite máximo de incremento por tráfico generado el correspondiente a un 20 por ciento del tráfico normal para el primer año de operación del proyecto

Tráfico Generado = 22 (Vehículos/día)

5. Tráfico por desarrollo.

Se produce por la incorporación de nuevas áreas de producción, varía entre 5% al 7% del tráfico de los vehículos. Básicamente en este sector que es netamente agrícola y ganadero se estima que tendrá un crecimiento económico y esto generará un incremento de vehículos en la vía.

Tráfico por Desarrollo = (5% - 7%) * (# de Vehículos que actualmente salen cargados)

Entonces:

Actualmente salen vehículos cargados = 2 Vehículos

Adoptamos el 7% para garantizar el incremento que podría generarse.

Tráfico por Desarrollo = 1 (Vehículo/día)

TPDA_{proyecto} = 281 (Vehículo/día)

6. Tráfico Atraído

Es el tráfico desviado y varía del 20% al 30% del TPDA actual, vienen de vías existentes que se encuentran cerca del lugar del proyecto con el objeto de reducir costos de operación.

Tráfico Atraído = TPDA Actual x 10%

Tráfico Atraído = 11 (Vehículos/día)

7. Alineamiento horizontal.

Los elementos que integran esta proyección son las tangentes y las curvas, sean estas circulares o de transición.

La proyección del eje en un tramo recto, define la tangente y el enlace de dos tangentes consecutivas de rumbos diferentes se efectúa por medio de una curva.

El establecimiento del alineamiento horizontal depende de: La topografía y características hidrológicas del terreno, las condiciones del drenaje, las características técnicas de las subrasante y el potencial de los materiales locales.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO HORIZONTAL DE LA VÍA.

Las características y limitaciones de los vehículos y de los conductores deben regir el diseño horizontal de la vía, misma que debe ser eficiente en el día y la noche, en tiempo bueno y en tiempo malo, y satisfacer el tráfico actual y futuro.

Los factores que intervienen en el diseño de una vía son:

- 1.- Factor humano
- 2.- Factor vehicular
- 3.- Factor vial

- **FACTOR HUMANO.**

Limitaciones físicas: eficiencia, visión, cálculo, percepción, reacción y fatiga.

Características del conductor: después que los ojos de una persona registran un obstáculo, hay un tiempo hasta que se produce la reacción muscular adecuada, el mismo que se denomina tiempo de reacción, este valor varía según la persona y su estado físico. A este se suma el tiempo de percepción, el tiempo resultante oscila de 2 a 3seg.

- **FACTOR VEHICULAR.**

Limitaciones de diseño.- Los vehículos dependiendo del trabajo en el que se requiera, presentan sus propias características de diseño, que son: largo, ancho, alto, peso y potencia.

Limitaciones de operación.- Las dimensiones propias de cada vehículo influye en las dificultades de maniobra tales como: visibilidad, velocidad, radio de giro y funcionamiento.

- FACTOR VIAL.
 - Velocidad de diseño.
 - Visibilidad.
 - Radio de curvatura.
 - Distancia de parada.
 - Gradiente.
 - Alineación longitudinal.
 - Capacidad.
 - Intersección.
 - Facilidades intermedias.
 - Dispositivos de control.
 - Señalamientos.

- NATURALEZA DEL TERRENO.

Es comprensible que un camino ubicado en una zona llana o poco ondulada ha de tener una velocidad mayor que un similar de una zona muy ondulada o montañosa, o que uno que atraviesa una zona rural respecto del que pasa por una zona urbana.

En nuestro proyecto de estudio tenemos un terreno ondulado ya que la pendiente varia del 5-25%, el movimiento de tierras es moderado, que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y la construcción de la obra básica de la carretera.

- LA MODALIDAD DE LOS CONDUCTORES.

Un conductor no ajusta la velocidad de su vehículo a la importancia que reviste un camino en el proyecto, sino a las limitaciones que le imponen las características del lugar o del tránsito y a sus propias necesidades o urgencias. Circula a una velocidad baja cuando existen motivos evidentes de tal necesidad. Como consecuencia de lo anterior existe una tendencia a viajar a una velocidad elegida instintivamente, la que puede ser alta para el camino.

- EL FACTOR ECONÓMICO.

Las consideraciones económicas deben dirigirse hacia el estudio del costo de operación de los vehículos a velocidades elevadas, así como el alto costo de las obras destinadas a servir un tránsito de alta velocidad.

- DISEÑO EN PLANTA.

El diseño en planta de una carretera está compuesto fundamentalmente de rectas y curvas en las rectas es posibles lograr un movimiento uniforme del vehículo, buena visibilidad para el conductor, seguridad y un menor consumo de combustible; las rectas presentan problemas para la circulación vehicular cuando son excesivamente largas la monotonía produce cansancio constituyéndose en un peligro, pudiendo influir en los valores de los tiempos de reacción y percepción.

La imperiosa necesidad de salvar los accidentes topográficos que presenta el terreno, obligan a intercalar curvas entre las alineaciones rectas, esto da origen a la fuerza centrífuga y la falta de visibilidad; la fuerza centrífuga genera el deslizamiento transversal y la probabilidad del vuelco del vehículo, por estas y muchas razones las curvas hay que proyectarlas cumpliendo una serie de normas y condiciones técnicas para evitar los riesgos de circulación.

- DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA.

Eje del camino: Es la línea media contenida en la calzada.

Calzada: Es el sector de la sección transversal del camino destinado a la circulación de los vehículos.

Espaldón: Es el sector de la sección transversal que limita con la calzada y el inicio de cunetas, técnicamente se le diseña entre otras cosas para mejorar la capacidad de la carretera, ubicar la señalización de la vía, estacionar al vehículo accidentado y varia su ancho de acuerdo a la importancia del camino.

Cuneta: Es el sector de la sección transversal dispuesto para recoger y conducir el agua proveniente de la precipitaciones pluviales que caen sobre la obra básica.

Obra Básica: Se designa con este nombre al cuerpo del camino que incluye a más de la sección transversal, el ancho de los taludes desde el vértice de la cuneta a la intersección del corte con el terreno natural, y en relleno desde el borde al pie del talud. En el trazado de un camino el ancho de la obra básica queda determinado por la ubicación de las estacas laterales.

Derecho de Vía.- Concepto jurídico que faculta la ocupación, en cualquier tiempo, del terreno necesario para la construcción, conservación, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos.

- VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN.

La velocidad de circulación en carretera es considerada como un esfuerzo de trabajo, pues permite proporcionar al usuario una carretera con mayor grado de seguridad, lo que no sucede cuando la misma vía es diseñada para la velocidad de proyecto. En sitios de concentración de esfuerzos, intersecciones, canalizaciones, para el diseño de curvas, en distancias de visibilidad, etc., la velocidad de circulación resulta ser más efectiva.⁴

⁴ T.A.M.S-ASTEC Normas de Diseño Geométrico de Carreteras Pág. 27

La velocidad de circulación es la velocidad máxima a la cual puede desplazarse un vehículo en un tramo de vía bajo las condiciones de tráfico dominantes y siendo indiferentes las condiciones climáticas de cada época, sin exceder de ninguna manera el valor de la velocidad de proyecto. La velocidad de circulación es importante en el instante de evaluar los costos de circulación, los mismos que varían según la velocidad a la que se recorra.

- EL PROCESO DE DISEÑO.

El proceso de diseño geométrico es la etapa en donde se definen todas las características de la estructura vial en sus tres dimensiones, planta, alzado, sección transversal, facilidades de circulación y los elementos necesarios para la seguridad vial.

Estas características están ligadas a la función jerárquica de la vía dentro de la red, a las condiciones de los usuarios, a la mecánica de los vehículos y a los requerimientos geométricos de las vías que se determinan en función de un volumen de tráfico y de nivel de servicio correspondiente a un año.

- VELOCIDAD DE DISEÑO.

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables.

Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos.

Con esta velocidad se calcula los elementos geométricos de vía para su alineamiento horizontal y vertical.

Seleccionar convenientemente la velocidad de diseño es lo fundamental. Teniendo presente que es deseable mantener una velocidad constante para el diseño de cada tramo de carretera.

Los cambios de la topografía pueden obligar hacer cambios en la velocidad de diseño en determinados tramos. Cuando esto sucede, la introducción de una velocidad de diseño mayor o menor no se debe efectuar repentinamente, sino sobre una distancia suficiente para permitir al conductor cambiar su velocidad gradualmente, antes de llegar al tramo del camino con distinta velocidad de proyecto.

La diferencia entre las velocidades de dos tramos contiguos no será mayor a 20 km/h. Debe procederse a efectuar en el lugar una adecuada señalización progresiva, con indicación de velocidad creciente o decreciente.

Interviene como dato la velocidad de diseño, definida como la velocidad con la cual un vehículo puede circular por una carretera en condiciones de seguridad es la velocidad para la cual se calculan los elementos geométricos de la vía, en sus diseños horizontal y vertical.

La velocidad de diseño se acepta en atención a diferentes factores:

- Topografía del terreno.
- Clase o tipo de carretera.
- Volumen de tráfico.
- Uso de la tierra.

- **RELACIÓN CON LA VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN.**

La velocidad de circulación es la velocidad de un vehículo a lo largo de una sección específica de carretera y es igual a la distancia recorrida dividida para el tiempo de circulación del vehículo, o a la suma de las distancias recorridas por todos los vehículos o por un grupo determinado de ellos, dividida para la suma de los tiempos de recorrido correspondientes.

La relación general entre la velocidad de circulación y la velocidad de diseño se ilustra en el Gráfico N° 13. En dicha figura se visualizan que conforme el volumen de tránsito aumenta la velocidad de circulación disminuye debido a la interferencia

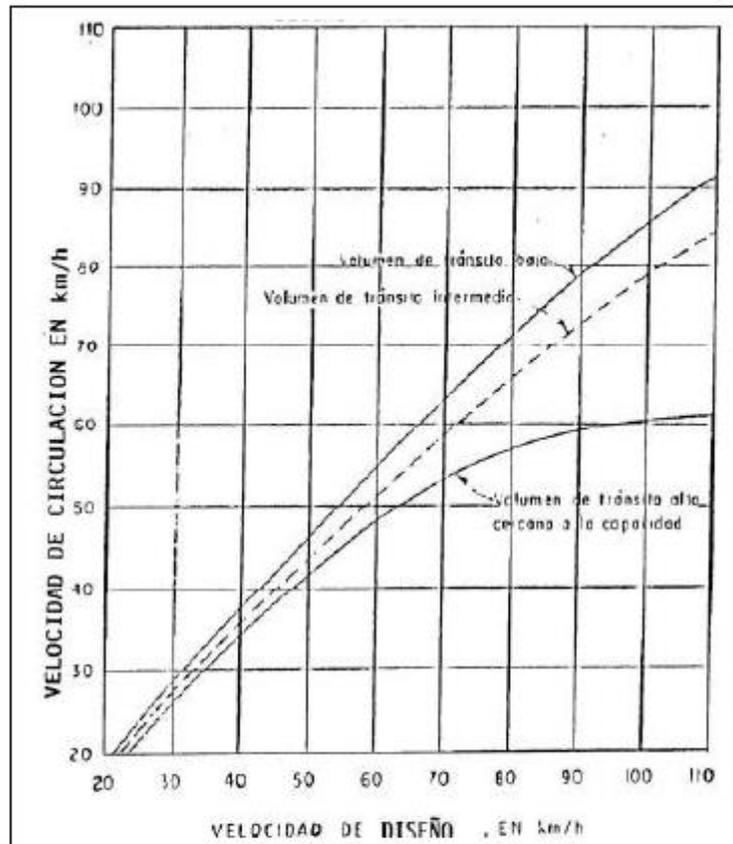


Gráfico N° 13: Relación Entre las Velocidades de Diseño y de Circulación
 Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.32

Interferencia que se produce entre los vehículos. Si el volumen del tránsito excede el nivel intermedio, la velocidad de circulación disminuye aún más y en el caso extremo, cuando el volumen es igual a la capacidad del camino, la velocidad de los vehículos está determinada más por el grado de saturación del tránsito que por la velocidad de diseño. ⁵

Todo camino debe diseñarse para que circulen por él volúmenes de tránsito que no estén sujetos al grado de saturación que representa la curva interior, de volumen de tránsito alto.

⁵ T.A.M.S-ASTEC Normas de Diseño Geométrico de Carreteras Pág. 31

Tabla N°17: Relación entre las Velocidades de Diseño y de Circulación ⁶

VELOCIDAD DE DISEÑO EN KM/H	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN		
	VOLUMEN DE TRÁNSITO BAJO	VOLUMEN DE TRÁNSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRÁNSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.32

La velocidad de diseño para nuestro proyecto es 60 KPH.

La velocidad de circulación para nuestro proyecto es 54,50 KPH.

En algunos cálculos intervienen la velocidad de circulación, la misma que se obtiene dividiendo un tramo del camino para el tiempo que demora en recorrido el vehículo.

- CURVAS HORIZONTALES

Como se dijo anteriormente en el diseño de una vía se debe definir, a partir de criterios técnicos y económicos, una velocidad de diseño con el fin de obtener los valores mínimos y máximos de diferentes parámetros y elementos que conforman la geometría de esta. ⁷

Una adecuada velocidad de diseño se define de factores como clase de terreno, características de tránsito, tipo de vía y disponibilidad de recursos económicos principalmente, definiendo a su vez elementos como el radio de curvatura

⁶ T.A.M.S-ASTEC Normas de Diseño Geométrico de Carreteras Pág. 33

⁷ CARDENAS GRISALES, James Ing. Diseño Geométrico de carretas Pág. 45

mínimo, el peralte máximo, la pendiente máxima, distancias de visibilidad y la sección transversal, entre otros. El alineamiento horizontal está constituido por una serie de líneas rectas, definidas por la línea preliminar, enlazados por curvas circulares o curvas de grado de curvatura variable de modo que permitan una transición suave y segura al pasar de tramos rectos o tramos curvos o viceversa. Los tramos rectos que permanecen luego de emplear las curvas de enlace se denominen también tramos en tangente y puede llegar hacer nulos, es decir, que una curva de enlace quede completamente unida a la siguiente. Al cambiar la dirección de un alineamiento horizontal se hace necesario, colocar curvas, con lo cual se modifica el rumbo de la vía y se acerca o se aleja este del rumbo general que se requiere para unir el punto inicial con el final. Este cambio de dirección es necesario realizarse por seis factores diferentes. Topográfico: Con el fin de acomodar el alineamiento a la Topografía y evitar cortes o rellenos excesivos, minimizando costos y evitando inestabilidades en los cortes o en los rellenos.

- TANGENTES.

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que se unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se lo llaman PI y al ángulo de definición, formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se lo denomina “a” (alfa)

Las tangentes van unidas entre sí por curvas y la distancia que existe entre el final de la curva anterior y el inicio de la siguiente se la denomina tangente intermedia. Su máxima longitud está condiciona por la seguridad.

Las tangentes intermedias largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo o por que favorecen al encandilamiento durante la noche; por tal razón conviene limitar la longitud de las tangentes intermedias, diseñando en su lugar alineaciones onduladas con curvas de mayor radio.

- CURVAS CIRCULARES.

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples o compuestas.

Entre sus elementos característicos principales se tienen los siguientes:

Grado de curvatura: El ángulo formado por un arco de 20 metros. Su valor máximo es el que permite recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño.

El grado de curvatura constituye un valor significativo en el diseño del alineamiento.

Se representa con la letra GC y su fórmula es la siguiente:

$$\frac{Gc}{20} = \frac{360}{2\pi R} \Rightarrow Gc = \frac{1145,92}{R}$$

Radio de curvatura: es el radio de la curva circular y se define como R su fórmula en función del grado de curvatura es:

$$R = \frac{1145,92}{Gc}$$

- CURVA CIRCULAR SIMPLE

Es aquella que está formada por un solo arco de circunferencia la cual une dos alineamientos rectos llamados tangentes. Es una curva circular la cual hace que su curvatura sea constante. Para definir una curva circular se parte en dos elementos conocidos. Siendo uno de ellos el ángulo de deflexión, definido como aquel que se mide entre un alineamiento y la prolongación del alineamiento anterior, corresponde al ángulo central de la curva necesaria para entrelazar los dos alineamientos geométricos. Este ángulo es usualmente llamado delta Δ de la curva. Cuando el ángulo de deflexión o delta se mide en el sentido de las agujas del reloj, a partir de la prolongación del alineamiento anterior o primer lado, entonces se llamara derecho, mientras que se mide en sentido anti-horario será

izquierdo. Al segmento PI-PC, que es igual al segmento PI – PT. Si se trazan las normales a la poligonal en el PC y en el PT se interceptaran en el punto O, centro de la curva.

El ángulo PC.o.PT es igual al Ángulo de deflexión delta: de la figura se reduce que los ángulos PC.o.PI y PT.o.PI son iguales y equivalente a $\Delta/2$.⁸

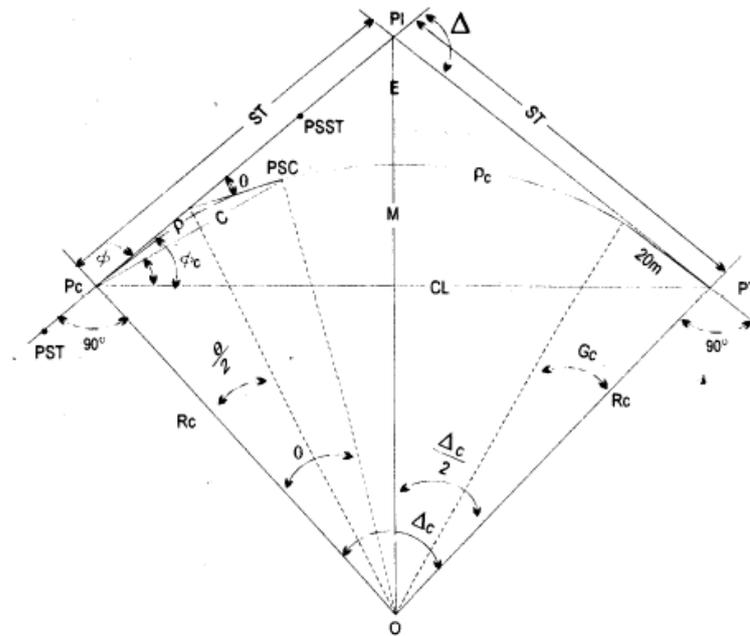


Gráfico N° 14: Curva Circular

Fuente: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico De Vías Pág. 69

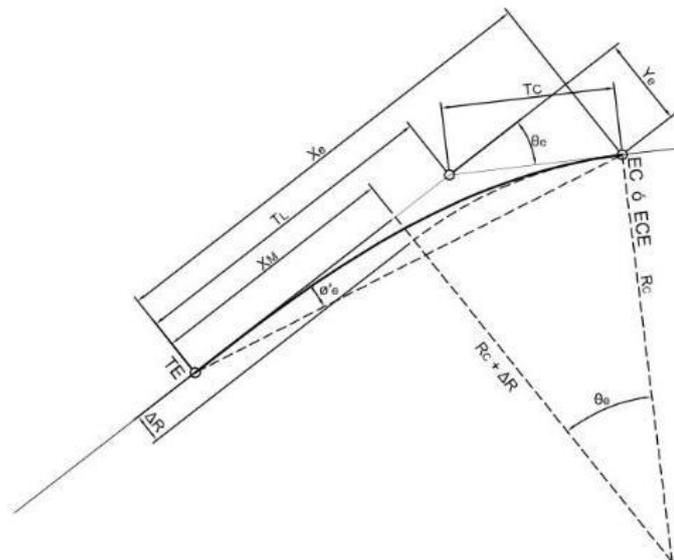


Gráfico N° 15: Radio de Curvatura

Fuente: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico De Vías Pág.69

⁸ AGUEDO OSPINA, John DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS Ing. Civil Medellín 2005 pág. 69

PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
PC	Punto en donde empieza la curva simple
PT	Punto en donde termina la curva simple
α	Angulo de deflexión de las tangentes
Δc	Angulo central de la curva circular
θ	Angulo de deflexión a un punto sobre la curva circular
GC	Grado de curvatura de la curva circular
RC	Radio de la curva circular
T	Tangente de la curva circular o subtangente
E	External
M	Ordenada media
C	Cuerda
CL	Cuerda larga
l	Longitud de un arco
le	Longitud de la curva circular

FORMULAS UTILIZADAS PARA EL CALCULO DE CURVAS CIRCULARES

Tangente:
$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Longitud de la curva:
$$L = \pi * R * \left(\frac{\Delta}{180}\right)$$

External:
$$E = R * \left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1\right)$$

Flecha:
$$F = R(1 - \cos(\Delta/2))$$

Semicuerda:
$$\frac{c}{2} = R * \sen\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- **RADIOS MINIMOS DE CURVATURAS**

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Donde:

R = Radio mínimo de la curvatura.

V = Velocidad del proyecto.

e = Peralte.

f = Coeficiente de fricción transversal de acuerdo a la ecuación:

Coeficiente de fricción:

$$f = 0,19 - 0,000626 * V$$

$$f = 0,19 - 0,000626 * 60 \qquad f = 0,15$$

Radio mínimo de curvatura:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)} \qquad R = \frac{60^2}{127(0,10 + 0,15)} = \frac{3600}{31,75}$$

$$R = 113,38 \text{ m}$$

$$R \text{ (redondeado)} = 113 \text{ m.}$$

En las normas del MOP, establece como peralte máximo el 10% para carreteras de dos carriles.

CÁLCULO TIPO DE CURVA CIRCULAR

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$T = 113 * \tan\left(\frac{60^\circ 10' 00''}{2}\right)$$

$$T = 84,36 \text{ m}$$

$$D = \pi * R * \left(\frac{\Delta}{180}\right)$$

$$D = \pi * 60 * \left(\frac{60^\circ 10' 00''}{180}\right)$$

$$D = 65,37 \text{ m}$$

$$E = R * \left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1\right)$$

$$E = 60 * \left(\sec\left(\frac{60^\circ 10' 00''}{2}\right) - 1\right)$$

$$E = 16,88 \text{ m}$$

$$M = F = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right)$$

$$M = F = 60 * \left(1 - \cos\left(\frac{60^\circ 10' 00''}{2}\right)\right)$$

$$M = F = 14,69 \text{ m}$$

$$\frac{c}{2} = R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

$$\frac{c}{2} = 60 * \text{sen} \left(\frac{60^\circ 10' 00''}{2} \right)$$

$$\frac{c}{2} = \mathbf{56,60m}$$

- PERALTE DE CURVAS

Cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado hacia fuera por efecto de la fuerza centrífuga “F”. Esta fuerza es contrarrestada por las fuerzas componentes del peso (P) del vehículo, debido al peralte, y por la fuerza de fricción desarrollada entre llantas y la calzada.

Cuando el vehículo ingresa a una curva está sujeto a la acción de la fuerza centrífuga que tiende a voltearlo o sacarlo de su vía de circulación. Se conoce la fuerza centrífuga crece con el cuadrado de la velocidad y es inversa al valor del radio de la curvatura. ⁹

$$F = \frac{m * v^2}{R} = \frac{P * v^2}{g * R}$$

En la cual:

$$m = \text{masa} = \frac{P}{g}$$

P= Peso del vehículo.

g= aceleración de la gravedad

V= Velocidad de diseño.

R = Radio de Curvatura.

⁹ AGUEDO OSPINA, John DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS Ing. Civil Medellín 2005 pág.

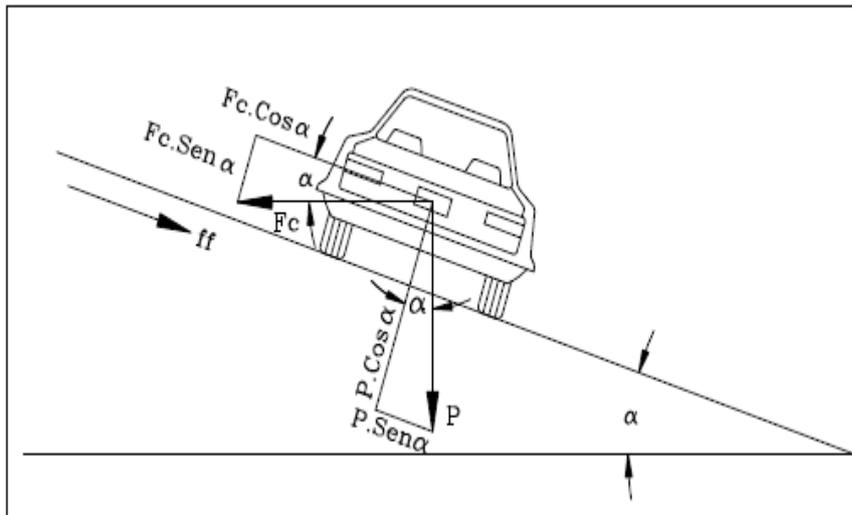


Gráfico N° 16: Peralte

Fuente: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico De Vías Pág.181

Si el camino se mantiene transversalmente horizontal la fuerza centrífuga sería absorbida exclusivamente por el peso del y el rozamiento de rotación.

Pero si es mayor el desplazamiento o el volcamiento es necesario peraltar la curva, dando al camino una inclinación transversal de tal manera que su inclinación la absorba parte de la fuerza centrífuga y no confiar exclusivamente al factor rozamiento porque se conduce a valores de radios de curvatura muy grandes.

- DESARROLLO DEL PERALTE

Cuando se presenta en el alineamiento horizontal una curva es necesario modificar la inclinación transversal desde el bombeo hasta el peralte hasta el bombeo nuevamente. Esta modificación en la inclinación transversal, que se debe realizar a lo largo de una longitud apropiada, se denomina transición del peralte y se puede desarrollar de tres maneras:

Girando el pavimento de la calzada alrededor de su línea central o eje: Es el más empleado ya que permite un desarrollo más armónico, provoca menor distorsión de los bordes de la corona y no altera el diseño de la rasante. Es además el más fácil de calcular.

Girando el pavimento alrededor de su borde interior: Se emplea para mejorar la visibilidad de la curva o para evitar dificultades en el drenaje superficial de la carretera, en secciones en corte. Origina cambios en la rasante de la vía.

Girando el pavimento alrededor de su borde exterior: Se usa cuando se quiere destacar la apariencia del trazado. Es el menos utilizado y el que genera mayores cambios en la rasante.

Las normas del MTOP dan los siguientes valores:

Tabla N° 18: Desarrollo del Peralte en Función de la Velocidad

VELOCIDAD DE DISEÑO KPH	GRADIENTE LONG. NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL PERALTE (%)	RECOMENDACIÓN DEL AUTOR MAXIMO VALOR
30	-----	0,80
40	70	0,8
60	60	0,7
70	55	0,7
80	50	0,6
90	47	0,6
100	43	0,5
110	40	0,5

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.59

El MTOP recomienda para el cálculo de la longitud de la curva de transición la ecuación:

$$Le = 0,072 * \frac{V^3}{R}$$

Le = Longitud de transición.

R = Velocidad en KPH.

$$Le = 0,072 * \frac{(60)^3}{113}$$

$$Le = 137,60m$$

El uso del peralte provee comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre el camino en curvas horizontales, sin embargo el valor del peralte no debe

sobrepasar ciertos valores máximos ya que un peralte exagerado puede provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a baja velocidad.

Debido a estas limitaciones de orden práctico, no es posible compensar totalmente con el peralte la acción de la fuerza, para que sumado al efecto del peralte, impida el deslizamiento lateral del vehículo, lo cual se lo contrarresta al aumentar el razonamiento lateral.

En base a investigaciones realizadas, se ha adoptado el criterio de contrarrestar con el peralte aproximadamente el 55 % de la fuerza centrífuga; el restante 45% lo absorbe la fricción lateral.

Se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10 % para carreteras y caminos con capas de rodaduras asfálticas, de concreto o empedrada para velocidades de diseños mayores a 50 Km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4,5 y 6) y velocidad hasta 50 Km/h.

Para utilizar los valores máximos del peralte deben tenerse en cuenta los siguientes criterios para evitar:

Un rápido deterioro de la superficie de la calzada en caminos de tierra, subbase, por consecuencia del flujo de aguas de lluvia sobre ellas.

Una distribución no simétrica del peso sobre las ruedas del vehículo, especialmente los pesados.

El resbalamiento dentro de la curva del vehículo pesado que transita a una velocidad baja.

Cuando los radios de curvatura son amplios, mayores al radio mínimo de curvatura, el empleo de la curva de transición se vuelve optativo, más bien su empleo guarda relación con la comodidad que se desea dar a la circulación vehicular.

Tabla N° 19. Gradiente Longitudinal Necesaria para el desarrollo del Peralte

GRADIENTE LONGITUDINAL (i) NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL PERALTE		
V _D , KM/H	VALOR DE (i), %	MÁXIMA PENDIENTE EQUIVALENTE.
20	0,800	1:125
25	0,775	1:129
30	0,750	1:133
35	0,725	1:138
40	0,700	1:143
50	0,650	1:154
60	0,600	1:167
70	0,550	1:182
80	0,500	1:200
90	0,470	1:213
100	0,430	1:233
110	0,400	1:250
120	0,370	1:270

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.59

- CONVENCION DEL PERALTE

La convención que puede resultar más simple es la de llamar positivo el peralte que levanta el borde con respecto al eje y negativo al que lo baja.

Es importante tener en cuenta que en una curva el peralte eleva el borde externo y descende el eje interno. El borde externo es el opuesto al centro de la curva mientras que el borde interno está ubicado hacia el centro de la curva.

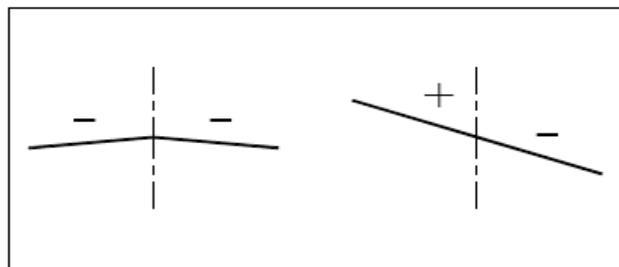


GRAFICO N° 17: CONVENCION DEL PERALTE

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

Si la transición del peralte la hacemos con la curva de enlace, la norma recomienda realizar toda la transición a lo largo de esa curva, la misma que al ser intercalada entre la tangente y el arco de círculo, se desarrollo la mitad en la tangente y la mitad en el arco del círculo.

Si el desarrollo del peralte se hace sin el empleo de curva de enlace, calculada la longitud de transición se ubica a los 2/3 en la alineación recta y a 1/3 en la alineación curva.

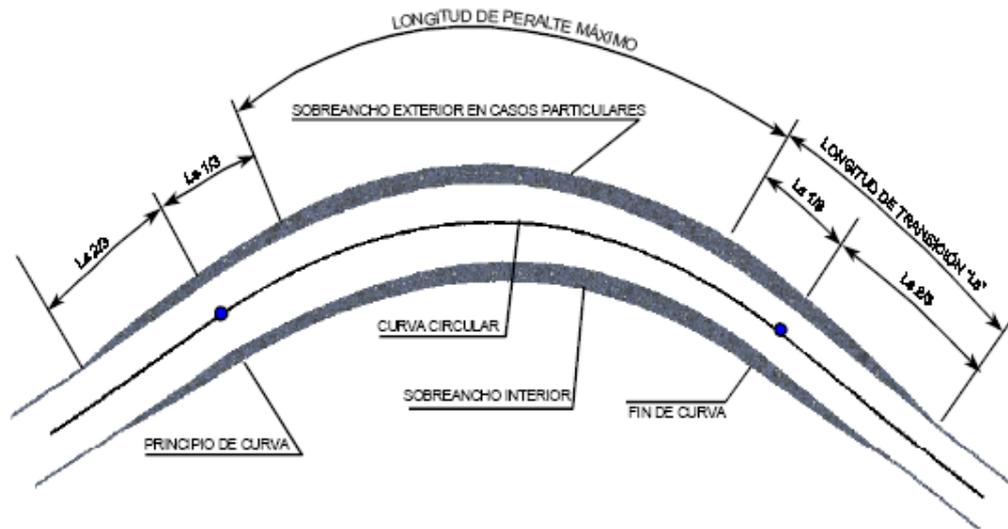


Gráfico N° 18: Cálculo Del Peralte

Fuente: Agudelo Ospina, John Jairo Diseño Geométrico De Vías Pág.184

En los casos que se vuelve crítico el diseño geométrico horizontal se puede disminuir la longitud de la transición tomando el coeficiente de comodidad $C=3$, en cuyo caso:

$$Le = 0,024 * \frac{V^3}{R}$$

El MTOP recomienda una longitud mínima

$$Le = 0,56 * V(KPH)$$

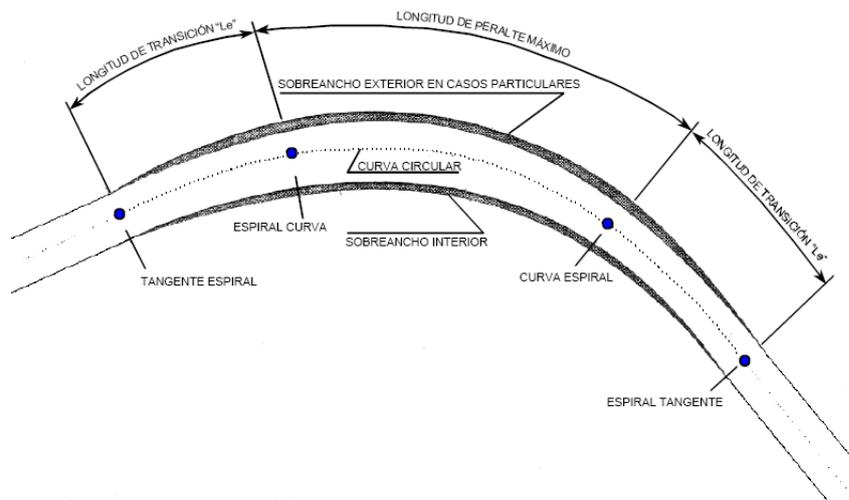


Gráfico N° 19: Determinación Del Peralte

Fuente: Agudelo Ospina, John Jairo Diseño Geométrico De Vías Pág.184

Tabla N° 20: Longitud De Transición En Función Del Peralte

Velocidad de diseño km/h	Pendiente de Borde %	Ancho de calzada (6,00 m (2 x 3,00 m))				Valor de la Longitud Tangencial			
		e				e			
		0,10	0,08	0,06	0,04	0,10	0,08	0,06	0,04
Bombeo = 2 %									
20	0,800		30	23	15		8	8	8
25	0,775		31	23	15		8	8	8
30	0,750		32	24	16		8	8	8
35	0,725		33	25	17		8	8	8
40	0,700		34	26	17		9	9	9
45	0,675		36	27	18		9	9	9
50	0,650		37	28	18		9	9	9
60	0,600	50	40	30	20	10	10	10	10
70	0,550	55	44	33	22	11	11	11	11
80	0,500	60	48	36	24	12	12	12	12
90	0,470	64	51	38	26	13	13	13	13
100	0,430	70	56	42	28	14	14	14	14
110	0,400	75	60	45	30	15	15	15	15
120	0,370	81	65	49	32	16	16	16	16

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.64, Cuadro V.6

- SOBREANCHOS

Cuando un vehículo circula sobre una curva horizontal sus ruedas traseras describen una trayectoria diferente a la de las ruedas delanteras. Dicha trayectoria corresponde a un arco de radio menor, es decir, que la rueda interna del eje posterior tiende a salirse de la vía

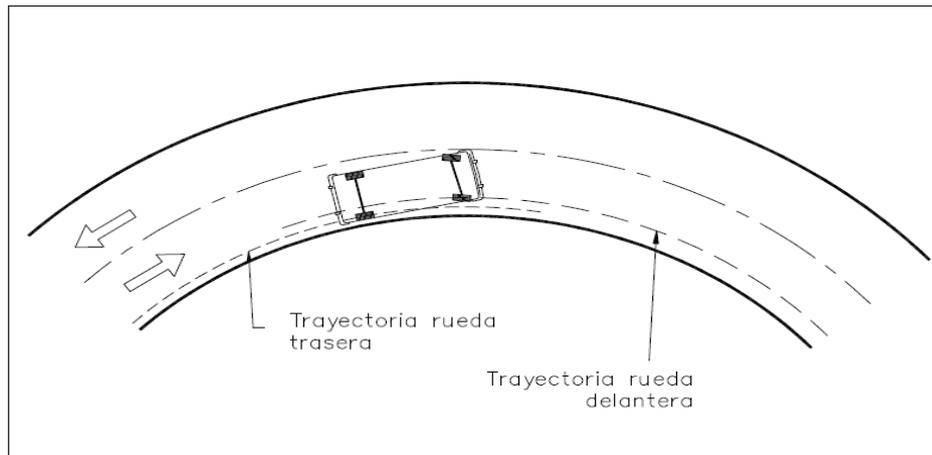


GRAFICO N° 20: SOBREAÑO

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

Cuando un automotor pasa a través de una curva, el ancho de la sección transversal que ocupa mayor que aquel cuando circula en tangente por lo que se debe dar un ancho adicional a la sección, curva conocida como sobre ancho, con esto evitamos que el conductor invada el carril contrario y se da una mejor condición de operación de los vehículos.

El MOP en las normas de diseño recomienda el cálculo del sobre ancho con las siguientes expresiones:

$$E = A_c - A_t$$

$$A_c = 2 * (H + L) + F + Z$$

Donde:

E = Sobre ancho expresado en metros

A_c = Ancho total necesario para la curva expresado en metros.

A_t = Ancho de pavimento en tangente expresado en metros.

H = Ancho de la huella del vehículo entre las caras externas de llantas en metros.

L = Ancho libre para cada vehículo, se asume 0,60 m a 0,70 m.

F = Ancho adicional requerido en la curva para la parte de la carrocería del vehículo

Z = Ancho adicional necesario en las curvas para la maniobra del vehículo en metros.

$$H = 2,60 - \sqrt{R^2 - 37}$$

$$F = \sqrt{R^2 + 16} - R$$

$$Z = \frac{V}{9,5 * \sqrt{R}}$$

En donde:

R = Radio de la curva en metros.

V = Velocidad de diseño en KPH.

El sobreaancho de mi proyecto es el mínimo valor por las condiciones de vía cuyo valor es: 0,60 m.

$$Z = \frac{V}{9,5 * \sqrt{R}} = \frac{60}{9,5 * \sqrt{113}} Z = 0,60 m$$

TABLA N° 21: SOBREAANCHO

RADIO	SOBREAANCHO (m)
20	0,82
30	0,67
35	0,62
40	0,58
50	0,52
60	0,48
70	0,44
80	0,41
90	0,39

Elaboró: Christian Torres.

- DESARROLLO DEL SOBREANCHO.

Con el fin de que el alineamiento de los bordes de la calzada se presente de una forma regular y continua se acostumbra ubicar el Sobreancho en el borde interno y además realizarlo de una forma gradual tanto a la entrada como a la salida de la curva.

Tabla N° 22: Valor Del Sobreancho en función de la velocidad de diseño y el radio de curvatura

Radios(m)	60	70	80	90	100	110	120
110	0,9						
120	0,85						
130	0,8						
140	0,76						
150	0,73						
160	0,7						
200	0,6	0,78					
210	0,59	0,68					
250	0,52	0,65					
275	0,49	0,59	0,72				
300	0,47	0,55	0,65				
350	0,42	0,52	0,61	0,67			
400		0,48	0,58	0,64			
430		0,44	0,53	0,58			
520		0,42	0,49	0,54	0,64		
600			0,47	0,52	0,59		
700			0,42	0,46	0,57	0,61	
800				0,43	0,51	0,55	0,6
900				0,39	0,47	0,51	0,55
1000					0,43	0,47	0,5
1100					0,4	0,43	0,47
1200						0,41	0,44
1300							0,42
1400							
1500							

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.79

La transición del Sobreancho se debe realizar de una forma gradual y a lo largo de una longitud apropiada de modo que no se observen cambios bruscos en el ancho de la calzada que puedan confundir al conductor además de generar un aspecto poco estético. Dicha transición se realiza de manera distinta además dependiendo si la curva es circular simple.

Calculado el sobreancho, este se desarrolla dentro de una longitud L del desarrollo del peralte.

Cuando existe curva de transición el sobreebanco se realiza el 50% hacia el interior de la curva y el 50% hacia el exterior.

- **TANGENTE INTERMEDIA MÍNIMA**

En la distancia entre el fin de la curva anterior y el inicio de la siguiente.

En el caso de dos curvas circulares consecutivas; Es la distancia entre el PT de la curva inicial y el PC de la curva siguiente. Las longitudes de transición se dividen en: $\frac{2}{3} L$ en tangente (antes del PC y después del PT), y $\frac{1}{3} L$ en la curva, (después del PC y antes del PT).

Cuando se presenta condiciones críticas en diseño geométrico para unir curvas horizontales consecutivas, es necesario introducir entre ellas una tangente intermedia con una longitud mínima, permitiendo adaptar el proyecto a las condiciones topográficas en la zona y condiciones de seguridad para que el vehículo que termina de circular en la curva se estabilice totalmente antes de entrar a la siguiente curva.

La longitud de esta tangente es de 2 a 3 veces la longitud del tipo, en nuestro caso es de 20 metros.

- **LONGITUD MÍNIMA DE LAS CURVAS HORIZONTALES**

Cuando el ángulo de deflexión se asume valores de radios mayores por cuanto hay que satisfacer la longitud requerida para la transición del peralte como para mejorar las condiciones estéticas del trazado.

La mínima longitud del arco circular estará en relación con la longitud de transición ya que esta se desarrolla ocupando parte del arco circular que se peralta, algunos autores estiman que esta longitud de transición debe estar entre 40 y 90 m dependiendo de la velocidad de diseño.

- **SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO**

La sección transversal de una carretera corresponde a un corte vertical normal al eje de alineamiento horizontal, definiendo la ubicación y dimensiones de cada uno de los elementos que conforman dicha carretera en un punto cualquiera y su relación con el terreno natural.

Los elementos que conforman la sección transversal de una vía y sus correspondientes dimensiones deben tener en cuenta aspectos como la importancia de la vía, volúmenes de tránsito y composición, la velocidad de

diseño, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento y la disponibilidad de recursos económicos.

La sección transversal típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad y comodidad de los usuarios.

Quiere decir, que la sección transversal de una carretera puede cambiar por tramos a lo largo del proyecto, dependiendo de cómo sea el comportamiento de los factores que la definen.

Elementos:

La sección transversal típica a adoptarse para una carretera depende casi exclusivamente del volumen de tráfico y del terreno y por consiguiente de la velocidad de diseño más apropiada para dicha carretera.

En la selección de las secciones transversales deben tomarse en cuenta los beneficios a los usuarios, así como los costos de mantenimiento.

Al determinar los varios elementos de la sección transversal, es imperativo el aspecto de seguridad para los usuarios de la carretera que se diseña.

Los elementos que conforman y definen la sección transversal son: ancho de zona o derecho de vía, banca, corona, calzada, taludes y elementos complementarios.

CALZADA

El ancho del pavimento se determina en función del volumen y composición del tráfico (dimensiones del vehículo de diseño) y de las características del terreno.

Para un alto volumen de tráfico o para una alta velocidad de diseño, se impone la provisión del máximo ancho de pavimento económicamente factible. Para un volumen de tráfico bajo o para una velocidad de diseño baja, el ancho del pavimento debe ser el mínimo permisible.

En el caso de volúmenes de tráfico intermedios o velocidades de diseño moderadas, para los cuales se contemplan pavimentos de tipo superficial bituminosos o superficiales de rodadura de grava, el ancho debe ser suficiente como para evitar el deterioro de dicha superficie por efecto de la repetición de las cargas de los vehículos sobre las mismas huellas.

El ancho de estas varía de acuerdo a la topografía y a la importancia de esta.

El MTOP ha establecido el siguiente cuadro:

Tabla N° 23: Ancho De Calzada Según Clase De Carretera

CLASE DE CARRETERA		ANCHO DE CALZADA	
		RECOMENDABLE	ABSOLUTO
MAS DE 8000	R-I R-II	7,30	7,30
DE 3000 A 8000	I	7,30	7,30
DE 1000 A 3000	II	7,30	7,30
DE 300 A 1000	III	6,70	6,50
DE 100 A 300	IV	7,50	6,00
MENOS DE 100	V	6,50	4,00

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.277

- ESPALDONES

El diseño de los espaldones está vinculado con el orden o tipo de carretera y con la topografía del terreno.

Siguiendo las normas respectivas, el MTOP nos proporciona el siguiente cuadro:

Tabla N° 24: Ancho De espaldones según la clase de carretera y TPDA

TPDA	CLASE DE CARRETERA	ANCHO DE ESPLADONES (m)					
		RECOMENDABLE			MINIMA		
		LLAN	ONDULA	MONTAÑ.	LLAN.	ONDULA	MONTAÑ
MAS DE 8000	R-I R-II	3,00	3,00	2,50	3,00	3,00	2,00
DE 3000 A 8000	I	2,50	2,50	2,00	2,50	2,50	1,50
DE 1000 A 3000	II	2,50	2,50	1,50	2,50	2,50	1,00
DE 300 A 1000	III	2,00	1,50	1,00	1,50	1,50	0,50
DE 100 A 300	IV	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
MENOS DE 100	V						

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.233

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE FRENADO

¹⁰ La capacidad de visibilidad es de importancia en la seguridad y eficiencia de la operación de vehículos en una carretera, de ahí que a la longitud de la vía que un conductor ve continuamente delante de él, se le llame distancia de visibilidad.

¹⁰ AGUEDELO OSPINA, John DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS Ing. Civil Medellín 2005 pág. 212

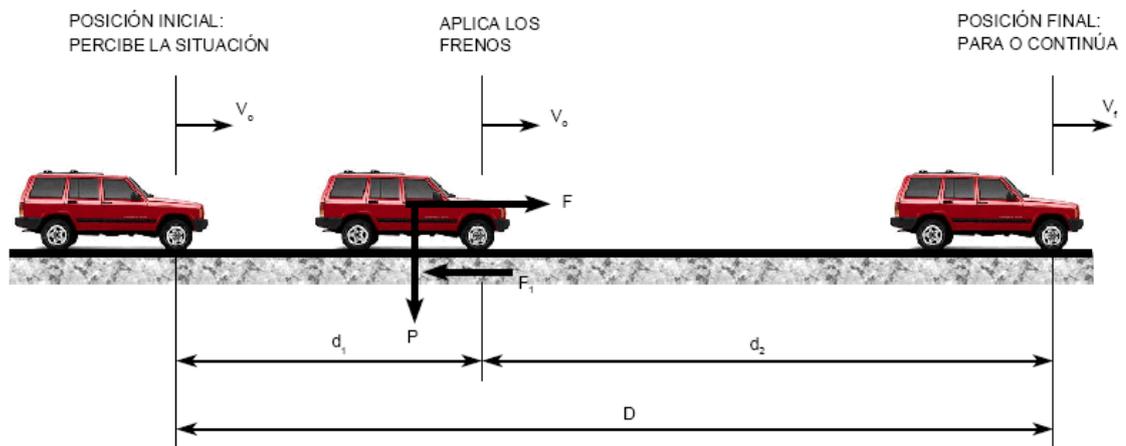


Gráfico N° 21: Distancia de Visibilidad

Fuente: Manual de diseño Centro Americano de Normas de Vías y Carreteras Pág.212

La distancia de visibilidad se discute en dos aspectos:

1. La distancia requerida para la parada de un vehículo, sea por restricciones en la línea horizontal de visibilidad o en la línea vertical.
2. La distancia necesaria para el rebasamiento de un vehículo.

Cuando el vehículo circula en curva, sea esta horizontal o vertical, el factor visibilidad actúa en forma determinante en su normal circulación, por lo que la distancia de visibilidad de parada es la distancia mínima necesaria para que un conductor que transita cerca de la velocidad de diseño, vea un objeto en su trayectoria y pueda pasar su vehículo antes de llegar a él. Por lo tanto es la mínima distancia de visibilidad es determinante ya que necesita observar al obstáculo que se encuentre en la vía y que pueda causar accidentes. Para esto se establece la distancia de visibilidad de frenado que es la distancia de visibilidad mínima mediante la cual el conductor que transita a una velocidad similar a la de diseño, observe el obstáculo y pueda reaccionar frenando antes de llegar a él.

La mínima distancia de visibilidad (d) para la parada de un vehículo es igual a la suma de dos distancias; (d_1) recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor avizora un objeto en el camino hasta la distancia (d_2) de frenaje del vehículo, es decir, la distancia necesaria para que el vehículo pare completamente después de haberse aplicado los frenos.

Estas distancias corresponden al tiempo de percepción y reacción y al recorrido del vehículo durante el frenado con el cual:

$$d = d1 + d2$$

$$dvp = 38,20 + 18,90$$

$$dvp = 57,10 \text{ m}$$

El tiempo de percepción es muy variable de acuerdo al conductor y equivale a 1,5 segundos para condiciones normales de carretera, de acuerdo a varias pruebas realizadas por la AASHTO. Por razones de seguridad, se debe adoptar un tiempo de reacción suficiente para la mayoría de los conductores y equivalente a un segundo.

De aquí el tiempo total de percepción más reacción hallada como adecuado, se lo considera igual a 2,5 segundos para efectos de cálculo de la mínima distancia de visibilidad en condiciones de seguridad.

La distancia recorrida durante este tiempo se calcula mediante la fórmula: ¹¹

$$d1 = 1000 * Vc * \frac{2,50 \text{ segundos}}{3600 \text{ segundos}}$$

Por lo tanto:

$$d1 = 0,70 * Vc = 0,70 * V$$

$$d1 = 0,70 * 54,50 = 38,20 \text{ m}$$

De donde en la ecuación anterior:

d1 = Distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción, expresado en metros.

Vc = Velocidad del vehículo expresada en kilómetros por hora.

La distancia de frenado se calcula utilizando la fórmula de la “carga dinámica” y tomando en cuenta la acción de la fricción desarrollada entre las llantas y la calzada, es decir que:

$$d2 = \frac{V^2}{254 * f} \quad d2 = \frac{60^2}{254 * 0,75} \quad d2 = 18,90 \text{ m}$$

En donde:

d2 = Distancia de frenado sobre la calzada a nivel, expresada en metros.

f = Coeficiente de fricción.

V = Velocidad del vehículo al momento de aplicar los frenos, expresada

¹¹ AGUEDELO OSPINA, John DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS Ing. Civil Medellín 2005 pág. 215

(KPH)

$$f = \text{Coeficiente de fricción } f = 1 - \frac{15}{v} = 1 - \frac{15}{60} f = 0,75$$

f = Depende de la superficie de rodadura, del clima y del estado de los neumáticos.

TABLA N° 25: DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MINIMAS PARA PARADA DE VEHICULO

TPDA	CLASE DE CARRETERA	DISTANCIA DE VISIBILIDAD (m)					
		RECOMENDABLE			ABSOLUTO		
		LLAN	ONDUL	MONTAÑ	LLAN	ONDUL	MONTAÑ
MAS DE 8000	R-I R-II	220	180	135	180	135	110
DE 3000 A 8000	I	180	160	110	160	110	70
DE 1000 A 3000	II	160	135	90	135	110	55
DE 300 A 1000	III	135	110	70	110	70	40
DE 100 A 300	IV	110	70	55	70	35	25
MENOS DE 100	V	70	55	40	55	35	25

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.183

- **TIEMPO DE PERCEPCIÓN Y REACCIÓN DEL CONDUCTOR**

En lo que tiene ver con el comportamiento del usuario de la vía depende mucho de las condiciones físicas y psicológicas, el comportamiento depende del medio Ambiente, el clima, la visibilidad con la cual puede diferenciar juzgar y reaccionar, también depende de la luz, la edad la capacidad para la percepción de los diferentes colores la recuperación al deslumbramiento.

Es muy importante tomar en cuenta la agudeza visual del conductor para lo cual se toma como referencia un cono de visión.

Por lo que se tiene que:

Óptimo 3 grados.

Aceptable 3 – 12 grados

Inadecuada mayor a 12 grados, es una visión borrosa.

Siempre el conductor enfoca su visión lo más adelante posible cuando tiene una gran velocidad de circulación y con el ángulo de 5 grados se tiene una visión nítida, con una altura de 1,14 m a un obstáculo de 0,15 m.

El tiempo de reacción es aquel que transcurre entre ver, oír, sentir el estímulo y esto varía de 0,5 a 4 segundos de acuerdo a la complejidad.

La percepción varía 0,5 segundos por la intelección hasta un 1 segundo cuando se realiza la respuesta.

Según la AASHO se tomará el valor de 2,50 segundos para el diseño.

- Recomendaciones y Normas del alineamiento horizontal.

Un buen trazado debe satisfacer condiciones de seguridad y adaptarse a la topografía del terreno, además de permitir la construcción del camino con el menor movimiento de tierras balanceado la relación corte – relleno y procurando tener costos de operación y construcción mínimos.

El alineamiento debe ser lo más direccional que sea posible tomando en cuenta la topografía ya que en ocasiones es preferible tener un trazado curvilíneo que tangentes largas con volúmenes grandes de corte y relleno.

Debe evitarse quiebres repentinos y bruscos que causen sorpresa, además hay que afinar el diseño evitando pasar de curvas de radios grandes a otras de radios demasiados pequeños.

Si los valores de las deflexiones son pequeños las curvas deberán proyectarse con radios grandes y con una longitud apropiada para evitar la apariencia de un cambio forzado de dirección.

8. Alineamiento Vertical

El alineamiento vertical de una vía es la proyección del eje que esta sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido al paralelismo se muestra la longitud real de la vía a lo largo del eje. El eje en este alineamiento se llama Rasante o Subrasante dependiendo del nivel que se tenga en cuenta en el diseño.

El diseño vertical o de rasante se realiza con base en el perfil del terreno a lo largo del eje de la vía. Dicho perfil es un gráfico de las cotas negras, donde el eje horizontal corresponde a las abscisas y el eje vertical corresponde a las cotas, dibujadas de izquierda a derecha.

El perfil vertical de una carretera es tan importante como el alineamiento horizontal y debe estar en relación directa con la velocidad de diseño, con las curvas horizontales y con las distancias de visibilidad. En ningún caso se debe sacrificar el perfil vertical para obtener buenos alineamientos horizontales.

Un camino en el proyecto se define como un conjunto de líneas de gradientes enlazadas con curvas simples y cuando cumplan con las condiciones de tangencia. Por lo tanto en este diseño se trata de las pendientes longitudinales y las curvas que las enlazan. Estas pendientes deben diseñarse dentro de valores mínimos que dependen de varios factores.

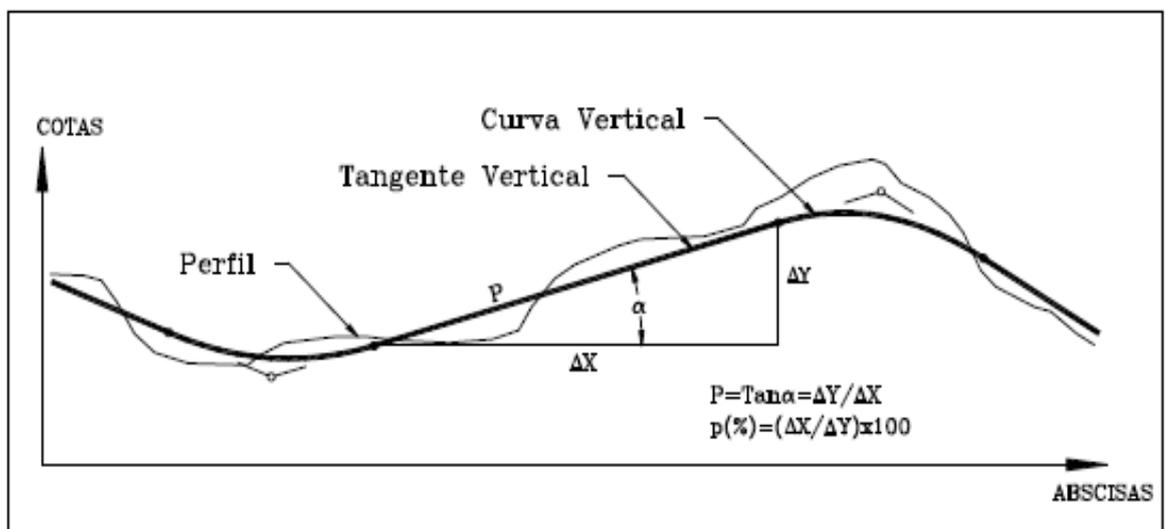


Gráfico N° 22: Diseño Vertical

Fuente: Agudelo Ospina, John Jairo Diseño Geométrico de Vías Pág.218

- PENDIENTES MÁXIMAS

En general, las pendientes a adoptarse dependen directamente de la topografía del terreno y deben tener valores bajos, en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos.

De acuerdo con las velocidades de diseño, que dependen del volumen de tráfico y de la naturaleza de la topografía.

Cuando se diseña con pendientes altas se limita la velocidad de los vehículos, y esto es crítico especialmente para los vehículos pesados. Además con estas altas pendientes se encarece los costos del transporte, pero también cuando se trata de tender la pendiente en terreno montañoso se aumenta el largo del trazado y por lo tanto se encarece el costo del proyecto, pero en nuestro caso la pendiente no hay que tender la pendiente debido a que nuestro proyecto es terreno ondulado.

Se conoce también que los motores de combustión interna de los vehículos disminuyen su potencia conforme asciende sobre el nivel del mar.

En nuestro país el MTOP determinar los valores de las pendientes máximas y las ubica dentro de los términos razonables de acuerdo con la categoría de los diferentes caminos y con la topografía del terreno por donde cruzan de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla N° 26: Valores de las pendientes según el orden de la vía

TPDA	CLASE DE CARRETERA	RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
		L	O	M	L	O	M
		MAS DE 8000	R-I R-II	3	4	6	3
DE 3000 A 8000	I	3	4	6	3	5	7
DE 1000 A 3000	II	3	4	7	4	6	8
DE 300 A 1000	III	4	6	7	6	7	9
DE 100 A 300	IV	5	6	8	6	8	12
MENOS DE 100	V	5	6	8	6	8	14

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.204

Las pendientes altas aumentan cuando los recorridos son largos o cuando los volúmenes reducen la posibilidad de rebasamiento, por esto se ha normalizado la longitud crítica de gradiente. Cuando sea imprescindible utilizar gradientes altas se debe procurar que sea en tramos cortos.

- **PENDIENTES MÍNIMAS**

La pendiente longitudinal mínima generalmente de 0,5 por ciento, con la evacuación o drenaje de las aguas del camino, normalmente se puede adoptar una

gradiente de cero por ciento para el caso de rellenos de 1 metro de altura o más y cuando el pavimento tiene una gradiente transversal adecuada para drenar lateralmente las aguas de lluvia.

- LONGITUD CRÍTICA

El término “longitud crítica de gradiente” se usa para indicar la longitud máxima de gradiente cuesta arriba, sobre la cual puede operar un camión representativo cargado, sin mayor reducción de su velocidad y, consecuentemente, sin producir interferencias mayores en el flujo de tráfico.

Para una gradiente dada, y con volúmenes de tráfico considerables, longitudes menores que la crítica favorecen una operación aceptable, y viceversa.

Con el fin de poder mantener una operación satisfactoria en carreteras con gradientes que tienen longitudes mayores que la crítica, y con bastante tráfico, es necesario hacer correcciones en el diseño, tales como el cambio de localización para reducir las gradientes o añadir un carril de ascenso adicional para reducir las gradientes o añadir un carril para los camiones y vehículos pesados.

Esto es particularmente imperativo en las carreteras que atraviesan la cordillera de los Andes. Los datos de longitud crítica de gradiente se usan en conjunto con otras consideraciones, tales como el volumen de tráfico en relación con la capacidad de la carretera, con el objeto de determinar sitios donde se necesitan carriles adicionales.

Para carreteras de dos carriles, como guía general, debe considerarse una vía auxiliar de ascenso cuando el volumen de tránsito horario empleado en el diseño exceda en un 20% la capacidad proyectada para la gradiente que se estudia.

Para establecer los valores de diseño de las longitudes críticas de gradiente, se asume lo siguiente:

Un camión cargado tal que la relación de su peso – potencia (Libras por cada H.P.) sea aproximadamente igual a 400.

La longitud crítica de gradiente es variable de acuerdo con la disminución de la velocidad del vehículo que circula cuesta arriba; esto es, menor reducción de la velocidad se tiene una mayor longitud crítica de gradiente.

Se establece una base común en la reducción de la velocidad, fijándola en 25 kph para efectos de la determinación de la longitud de la gradiente crítica promedio.

Para calcular la longitud crítica de gradiente se tiene la siguiente fórmula:

$$G\% = \frac{240}{Lc^{0,705}}$$

Lc = Longitud crítica de gradiente

G = Gradiente cuesta arriba expresada en porcentaje.

Según especificaciones la gradiente y longitud máxima varían de acuerdo a los valores:

Longitud de 1.000 m. para gradientes del 8 – 10%.

Longitud de 800 m. para gradientes del 10 – 12%.

Longitud de 500 m. para gradientes del 12 – 14%.

En longitudes cortas se puede aumentar la gradiente en 1 por ciento, en terrenos ondulados y montañosos, a fin de reducir los costos de construcción, para las vías de I, II, III clase.

- CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales se usan para dar transiciones suaves entre los cambios y pendiente o tangentes, los mismos que pueden ser circulares, parabólicas cuadráticas y parabólicas cúbicas. ¹² Las curvas verticales, deben proporcionar distancias de visibilidad adecuadas sobre crestas y hondonadas. La visibilidad, es uno de los parámetros fundamentales en el diseño de las curvas verticales, porque permite al usuario detenerse, antes de llegar a un obstáculo ubicado en la vía; o cuando, se encuentre con un vehículo que circula en sentido contrario. Las curvas verticales se clasifican en cóncavas y convexas: En las curvas convexas gobierna la distancia de parada segura, mientras que en las curvas cóncavas prima la distancia visual de luz delantera. En las rasantes que superan cierto valor, las

¹² **CARDENAS GRISALES**, James Ing. Diseño Geométrico de Carreteras Pág. 156

curvas verticales deberán cumplir con las condiciones mínimas determinadas para el diseño.

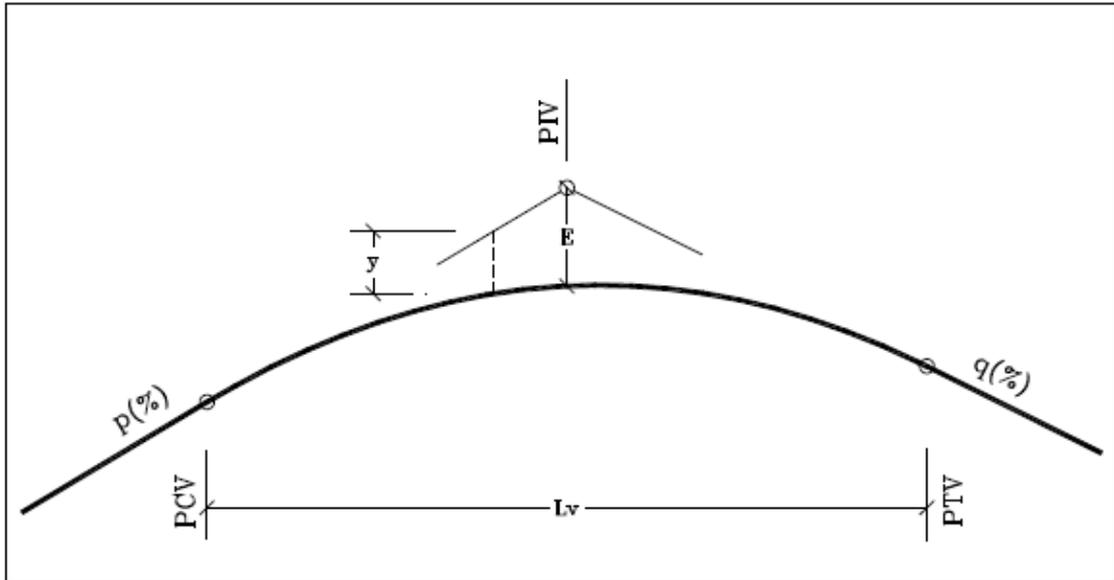


Gráfico N° 23: Curvas Verticales

Fuente: Agudelo Ospina, John Jairo Diseño Geométrico de Vías Pág.288

En la práctica las curvas verticales más aplicables son de tipo parabólicas cuadráticas porque la variación de la inclinación de la tangente es constante, se asemejan a las curvas circulares, y se encuentra dentro de los parámetros de diseño y gradientes usuales.

- DISEÑO DE CURVAS VERTICALES

El diseño de las curvas verticales debe ser consistente con la distancia de visibilidad para asegurar el frenado.

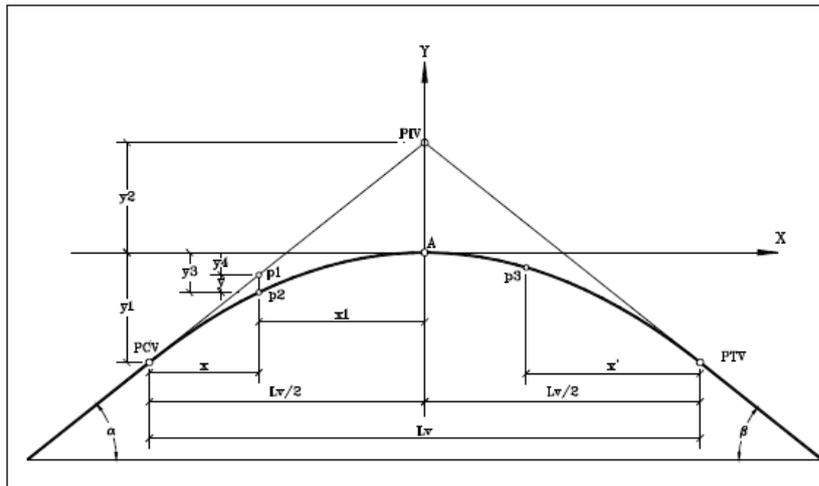


Gráfico N° 24: Diseño De Curvas Verticales

Fuente: Agudelo Ospina, John Jairo Diseño Geométrico de Vías Pág.289

La distancia de visibilidad calculada para el diseño de curvas horizontales para asegurar el frenado tiene validez para las curvas verticales por lo tanto la distancia D la consideramos como conocida. Se conoce por las normas Americanas que la altura de ojo del conductor sobre la calzada es 1,15m y la altura del obstáculo referida también a la calzada es 0,15 m, entonces el problema se da en tratar de establecer la longitud de la curva y la distancia de visibilidad D dentro de los condicionamientos indicados y se presentan dos casos:

- Distancia de visibilidad menor que la longitud de curva y
- Distancia de visibilidad mayor que la longitud de curva.
- Esto tanto para curvas convexas como para curvas cóncavas.¹³

Cuando la longitud de la curva es menor que la distancia de visibilidad, la longitud de la curva que se requiere es menor que la calculada con la ecuación que se da a Continuación y por tanto esta ecuación es válida emplear para cualquier valor de A. Esta ecuación es la siguiente:

$$Lv = \frac{D^2 * A}{426} = C * A$$

Donde:

Lv = Longitud de la curva vertical.

D = Distancia de visibilidad.

A = Diferencia algebraica de las gradientes expresadas en %.

¹³ AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías Pág. 168

C = Constante que puede determinarse de las distancias de visibilidad al frenado para curvas horizontales.

- CURVAS VERTICALES CONVEXAS

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros.

Para el diseño de las curvas verticales convexas predomina el factor de distancia de visibilidad del vehículo y rebasamiento así como seguridad y comodidad en el tráfico.

Existen fórmulas simplificadas para el cálculo de la longitud de la curva con la siguiente expresión:

$$L_{cv} = K * A$$

Donde:

L_{cv} = Longitud de curva vertical.

A = Diferencia algebraica de gradientes.

K = Factor para la determinación de la longitud, específico para curvas convexas.

- CURVA VERTICAL CONVEXA.

Presenta 3 casos:

Caso 1. $p > 0, q < 0$

Caso 2. $p < 0, q < 0, p > q$

Caso 3. $p > 0, q > 0, p > q$

La curva del Caso 1, cuando las pendientes tienen diferente signo, presenta a lo largo de su trayectoria un punto de cota máxima, mientras que para los otros dos casos, 2 y 3, el punto de cota máxima de la curva estaría ubicado al principio y al final de esta, respectivamente.

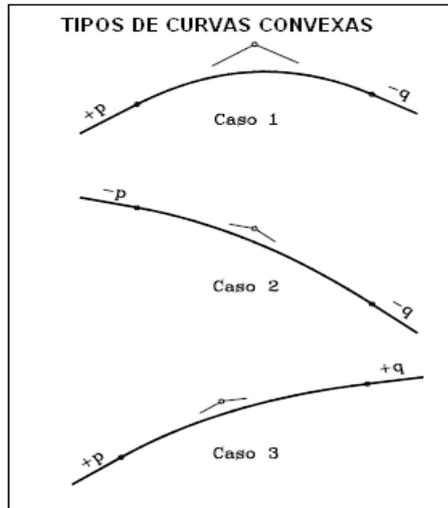


GRAFICO N° 25: TIPOS DE CURVAS CONVEXAS

Fuente: Agudelo Ospina, John Jairo Diseño Geométrico de Vías Pág.289

TABLA N° 27: CURVAS CONVEXAS

Velocidad de diseño	Distancia de Visibilidad para Parada-"s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0,94	1
25	25	1,47	2
30	30	2,11	2
35	35	2,88	3
40	40	3,76	4
45	50	5,87	6
50	55	7,1	7
60	70	11,5	12
70	90	19,01	19
80	110	28,4	28
90	135	42,78	43
100	160	60,09	60
110	180	76,06	80
120	220	113,62	115

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.204

TABLA N° 28: COEFICIENTE K PARA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS MINIMAS

VALORES MINIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS MININAS

Clase de Carretera					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R—I _o	R—II	>	8.000	TPDA	115	80	43	80	43	28
1	3.000	a	8.000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1.000	a	3.000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1.000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP Pág.204

Utilizamos el valor de K de 3 como valor mínimo y como recomendado es de 12 para este tipo de vía.

La longitud mínima se calcula con la siguiente fórmula:

$$Lcv_{mín} = 0,60 * Vd$$

$$Lcv_{mín} = 0,60 * 60$$

$$Lcv_{mín} = 36,00 \text{ m}$$

- **CURVAS VERTICALES CONCAVAS**

Es importante preservar la integridad física del usuario, se necesita tener Curvas verticales cóncavas lo suficientemente largas, de tal manera que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente similar a la distancia de visibilidad inevitable para la parada de un vehículo.

En este tipo de curvas el diseño de su longitud está basado en la distancia de alcance de rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de la visibilidad de parada.

Para el cálculo se utilizo la fórmula simplificada con la siguiente expresión:

$$Lcv = K * A$$

Donde:

Lcv = Longitud de curva vertical.

A = Diferencia algebraica de gradientes.

K = Factor para la determinación de la longitud, específico para curvas convexas.

- **CURVA VERTICAL CÓNCAVA**

Al igual que la curva convexa también presenta tres casos diferentes:

Caso 4. $p < 0, q > 0$

Caso 5. $p > 0, q > 0, p < q$

Caso 6. $p < 0, q < 0, p < q$

Para este tipo de curva, existe en el Caso 4, un punto en la curva donde se presenta la cota mínima. Los otros dos casos, 5 y 6, presentan su cota mínima sobre la curva al principio y al final de esta, respectivamente.

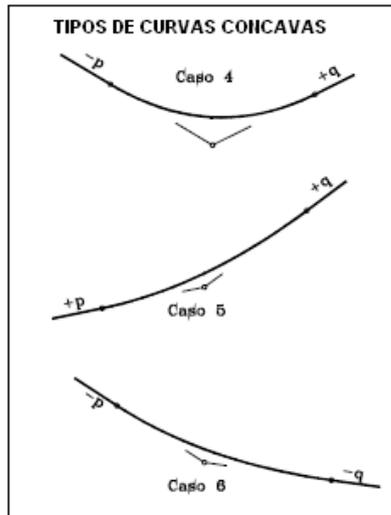


GRAFICO N° 26: TIPOS DE CURVAS CÓNCAVAS

Fuente: Agudelo Ospina, John Jairo Diseño Geométrico de Vías Pág.289

TABLA N° 29: CURVAS CONCAVAS

CURVAS VERTICALES CONCAVAS MININAS				
Velocidad de diseño	Distancia de Visibilidad para Parada-"s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/122+3,5 S$		
		Calculado	Redondeado	
kph				
20	20	2.08		2
25	25	2.98		3
30	30	3.96		4
35	35	5.01		5
40	40	6.11		6
45	50	8.42		8
50	55	9.62		10
60	70	13.35		13
70	90	18.54		19
80	110	23.87		24
90	135	30.66		31
100	160	37.54		38
110	180	43.09		43
120	220	54.26		54

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

TABLA N° 30: COEFICIENTE K PARA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONCAVAS MINIMAS

VALORES MINIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONCAVAS MININAS										
Clase de Carretera					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R—I _o	R—II	>	8.000	TPDA	115	80	43	80	43	28
1	3.000	a	8.000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1.000	a	3.000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1.000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

Utilizamos el valor de K de 3 como valor mínimo y como recomendado es de 12 para este tipo de vía.

La longitud mínima se calcula con la siguiente fórmula:

$$Lcv_{mín} = 0,60 * Vd$$

$$Lcv_{mín} = 0,60 * 60$$

$$Lcv_{mín} = 36,00 \text{ m}$$

- VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES

Determinar la longitud apropiada de cada una de las curvas verticales que conforman dicha rasante. Esta longitud debe ser tal que además de brindar comodidad y suministrar una agradable apariencia y un adecuado drenaje, garantice la suficiente seguridad al menos en lo que respecta a la distancia de visibilidad de parada. Se hace entonces necesario determinar la longitud mínima de la curva vertical de modo que a lo largo de esta y en sus proximidades se tenga siempre la distancia de visibilidad de parada.

Para determinar esta longitud se debe tener en cuenta si se trata de una curva vertical cóncava o una curva vertical convexa ya que las condiciones de visibilidad son diferentes. A su vez cada tipo de curva presenta dos casos; el primero cuando tanto el vehículo como el obstáculo se encuentran por fuera de la curva vertical y el segundo cuando ambos se encuentran ubicados dentro de la curva vertical.

- CURVAS CONCAVAS CON LONGITUD DE VISIBILIDAD MENOR QUE LA LONGITUD DE LA CURVA

Este problema se presenta únicamente en las curvas verticales cóncavas durante la noche en que el objeto sobre la vía debe ser visto por el conductor con la luz que ilumina sobre la vía, es decir la línea de luz de los faros determina la distancia de visibilidad que suponemos está a 0,60 m sobre el nivel de la calzada, y que esta luz hace un ángulo de 1 grado con la horizontal.

Cuando la distancia de visibilidad es mayor que la longitud de la curva es válida la aplicación de la ecuación siguiente:

$$Lv = C1 * A$$

Los coeficientes C y C1 se han calculado para las diferentes velocidades de diseño adoptadas por el MOP con estos resultados:

TABLA N° 31: COEFICIENTE “C” PARA EL CÁLCULO DE LA LONGITUD DE VISIBILIDAD

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD (m)	C = D²/426 CONVEXAS	C1=D²/122+3,5*D CONCAVAS
40	45	5	7
50	60	8	11
60	75	13	15
70	90	19	18
80	110	28	24
90	140	46	32
100	160	60	38
110	190	85	46

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

El valor de la longitud L_v de la curva vertical que asegura la distancia de visibilidad “D” se encontrará multiplicando el valor del coeficiente “C” por la suma de gradientes de las líneas que enlaza A.

- **DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS**

DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO

La distancia de visibilidad para el rebasamiento se determina en base a la longitud de carretera necesaria para efectuar la maniobra de rebasamiento en condiciones de seguridad. Aunque puede darse el caso de múltiples rebasamientos simultáneos, no resulta práctico asumir esta condición; por lo general, se considera el caso de un vehículo que rebasa a otro únicamente. Usualmente, los valores de diseño para el rebasamiento son suficientes para facilitar ocasionalmente rebasamientos múltiples. Para el cálculo de la distancia mínima de rebasamiento en carreteras de dos carriles, se asume lo siguiente:

1. El vehículo rebasado circula con velocidad uniforme.
2. Cuando llega a la zona de rebasamiento, el conductor del vehículo rebasante requiere de corto tiempo para percibir dicha zona y reaccionar iniciando la maniobra.

3. El vehículo rebasante acelera durante la maniobra y su velocidad promedio durante la ocupación del carril izquierdo es de 16 kilómetros por hora, mayor a la del vehículo rebasado.
4. Cuando el vehículo rebasante regresa a su propio carril del lado derecho, existe un espacio suficiente entre dicho vehículo y otro que viene en sentido contrario por el otro carril.
5. Esta distancia de visibilidad para rebasamiento está constituida por la suma de cuatro distancias parciales que son:
6. d_1 = distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo de percepción/reacción y durante la aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo de la carretera.
7. d_2 = distancia recorrida por el vehículo rebasante durante el tiempo que ocupa el carril izquierdo.
8. d_3 = distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto, al final de la maniobra.
9. Asumir de 30 m a 90 m.
10. d_4 = distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante dos tercios del tiempo empleado por el vehículo rebasante, mientras usa el carril izquierdo; es decir, $2/3$ de d_2 . Se asume que la velocidad del vehículo que viene en sentido opuesto es igual a la del vehículo rebasante.
11. Es decir, la distancia de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo es igual a:

$$d_r = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Las distancias parciales arriba indicadas se calculan por las siguientes fórmulas:

$$d_1 = 0.14t_1(2V - 2m + at_1)$$

$$d_2 = 0.28Vt_2$$

$$d_3 = 30m \text{ a } 90m$$

$$d_4 = 0.18Vt_2$$

En donde:

d_1, d_2, d_3 y d_4 = distancias, expresadas en metros.

t_1 = tiempo de la maniobra inicial, expresado en segundos.

t_2 = tiempo durante el cual el vehículo rebasante ocupa el carril del lado izquierdo, expresado en segundos.

V = velocidad promedio del vehículo rebasante expresada en Kilómetros por hora.

m = diferencia de velocidades entre el vehículo rebasante y el vehículo rebasado, expresada en kilómetros por hora.

Esta diferencia se la considera igual a 16 kp/h promedio

a = aceleración promedio del vehículo rebasante, expresada en kilómetros por hora y por segundo

La distancia d_4 que debe existir entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto al final de la maniobra es variable y, de acuerdo con las pruebas y observaciones realizadas por AASHTO, esta distancia varía entre 30 y 91 metros. Para la realización de estas pruebas se han considerado cuatro grupos de velocidades que varían entre 48 y 64, 64 y 80, 80 y 96, 96 y 112 kilómetros por hora, con promedios de 56, 70, 84 y 99 kilómetros por hora.

TABLA N° 32: DISTANCIA DE VISIBILIDAD

ELEMENTOS DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA REBASAMIENTO EN CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES				
Grupo de Velocidades- kph	48-64	64-80	80-96	96-112
Velocidad Promedio para Rebasamiento-kph	56,00	70,00	84,00	99,00
Maniobra inicial:				
a = aceleración promedio-kph/seg	2,24	2,29	2,35	2,40
t_1 = tiempo - seg	3,60	4,00	4,30	4,50
d_1 = distancia recorrida - m	44,00	66,00	88,00	112,00
Ocupación del carril del lado izquierdo:				
t_2 = tiempo - seg	9,30	10,00	10,70	11,30
d_2 = distancia recorrida - m	145,00	196,00	251,00	313,00
Vehículo opuesto:				
d_3 = distancia libre entre el vehículo rebasante y el vehículo opuesto	30,00	55,00	76,00	91,00
d_4 = distancia recorrida - m	30,00	55,00	76,00	91,00
Distancia de visibilidad para rebasamiento - m				
$d_r = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$	316	448	583	725

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

TABLA N° 33: DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO

VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MININAS PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO (Metros)							
Clase de Carretera		Valor Recomendable			Valor Absoluto		
		L	O	M	L	O	M
R-I o R-II > 8000	TPDA	830	830	640	830	640	565
I	3000 a 8000 TPDA	830	690	565	690	565	415
II	1000 a 3000 TPDA	690	640	490	640	565	345
III	300 a 1000 TPDA	640	565	415	565	415	270
IV	100 a 300 TPDA	480	290	210	290	150	110
V	Menos de 100 TPDA	290	210	150	210	150	110

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

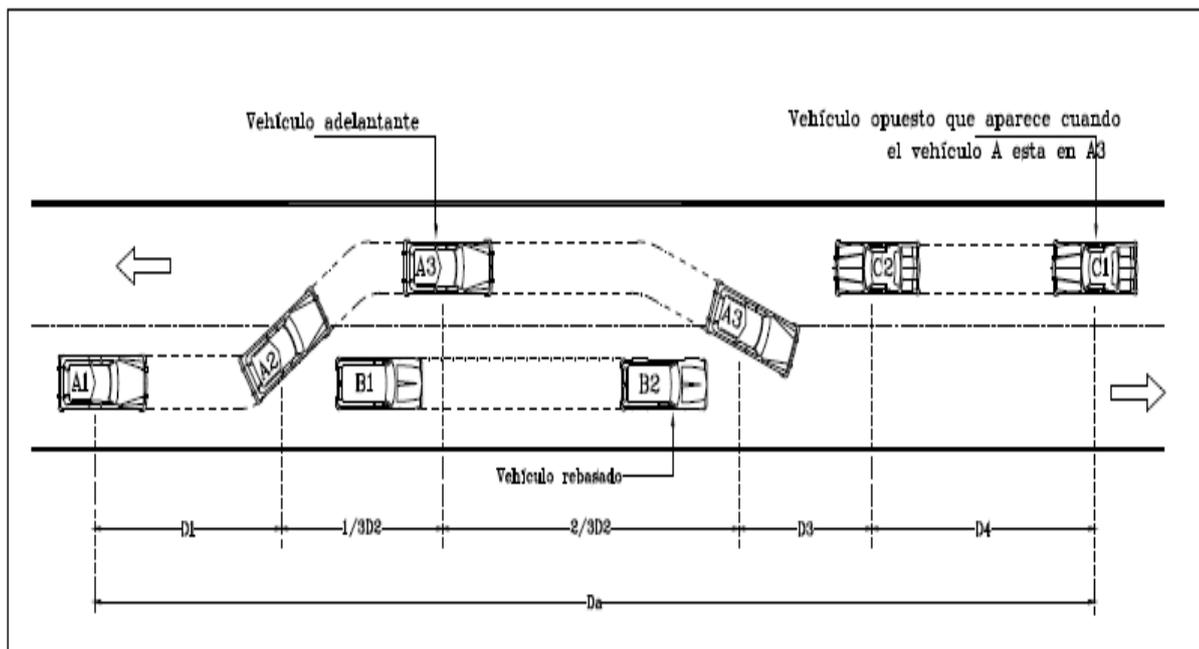


GRAFICO N° 27: DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

- DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES

La existencia de obstáculos laterales, tales como murallas, taludes en corte, edificios, etc., sobre el borde interno de las curvas, requiere la provisión de una adecuada distancia de visibilidad.

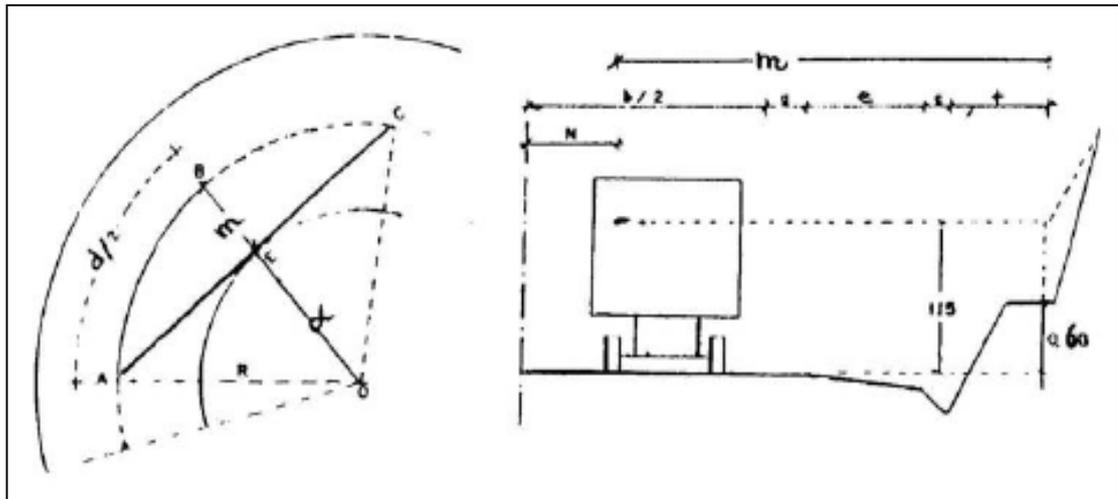


GRAFICO N° 28: DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

Del análisis del arco ABC del gráfico 4.22, se desprende que el mismo representa la distancia de visibilidad de parada “d” y corresponde a la curva de radio R, que recorre al vehículo. Por otro lado, la recta AC representa la visual del conductor que pasará tangente al talud en el punto asumido a una altura de 1,15 m. sobre el nivel de la calzada.

Aproximando el semiarco AB a una recta, de los triángulos ABE y AEO se desprende:

$$AE^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 - m^2 = R^2 - (R - m)^2$$

$$\frac{d^2}{4} - m^2 = R^2 - R^2 + 2Rm - m^2$$

$$R = \frac{d^2}{8m}$$

El valor de “m” depende de la sección transversal diseñada o adoptada para el camino en estudio:

$$m = \frac{b}{2} + g - N + e + c + t$$

En donde:

m = Distancia visual horizontal en la curva, m.

b/2 = Semiancho de la calzada, m

g = Sobreancho de la curva, m

N = Distancia del eje de la vía al ojo del conductor, mínimo = 0,80 m

e = Valor del espaldón, m.

C = Ancho generado por la cuneta, m.

t = Ancho generado por el talud medido desde el nivel de la calzada a 1,15 m de altura, m.

Calculados los valores d y m se puede determinar el menor radio que debe tener una curva, para dentro de las condiciones previstas para el diseño se asegure el factor de visibilidad al frenado.

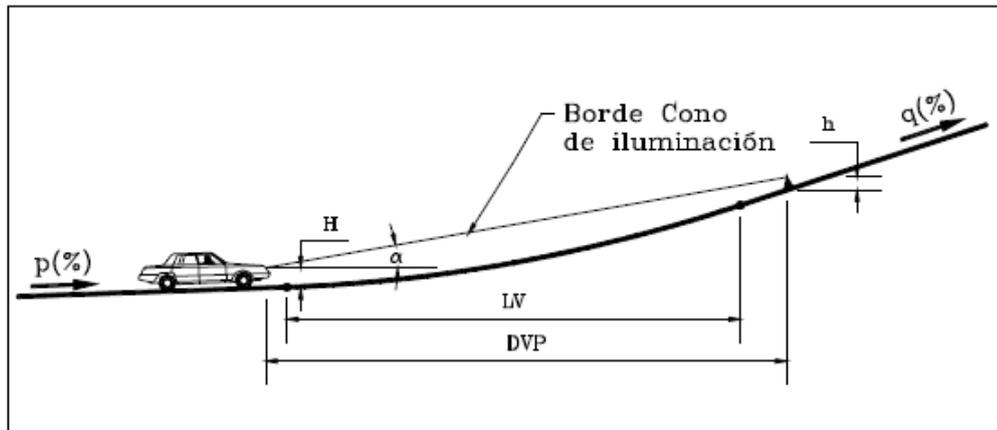


GRAFICO N° 29: DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES CONCAVAS

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

L_v = Longitud curva vertical en metros

DVP = Distancia de visibilidad de parada requerida en metros

p = Pendiente inicial en porcentaje

q = Pendiente final en porcentaje

A = Diferencia algebraica de pendientes en porcentaje

H = Altura de las luces delanteras del vehículo = 0.60 m

h = Altura del obstáculo = 0.15 m

α = Angulo formado por el borde del cono de iluminación y el eje prolongado del faro igual a $\alpha = 1^\circ$

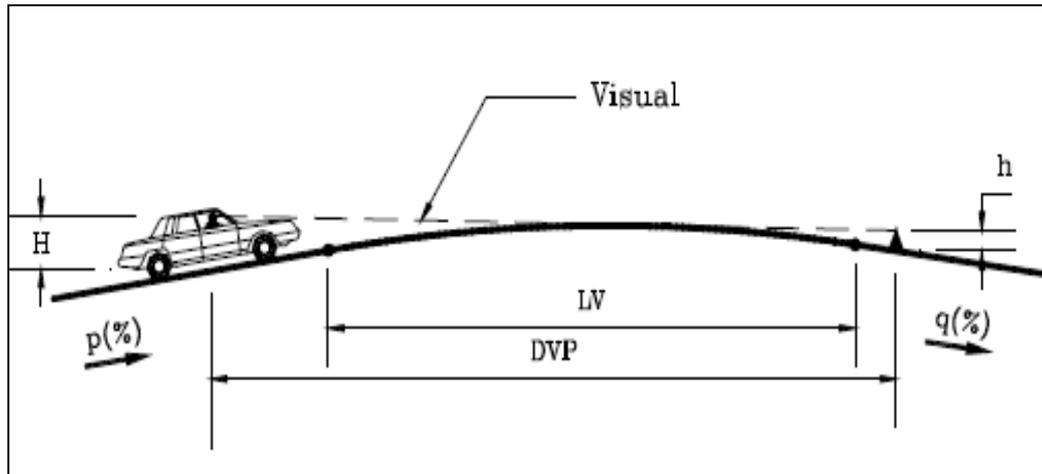


GRAFICO N° 30: DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES CONVEXAS

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

Lv = Longitud curva vertical en metros

DVP = Distancia de visibilidad de parada requerida en metros

p = Pendiente inicial en porcentaje

q = Pendiente final en porcentaje

A = Diferencia algebraica de pendientes en porcentaje

H = Altura del ojo del conductor = 1.15 m

h = Altura del obstáculo = 0.15 m

TABLA N° 34: VALORES DE K PARA CURVAS VERTICALES CONVEXAS

VALORES DE K PARA CURVAS VERTICALES – AASHTO			
VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	CURVAS CONCAVAS	CURVAS CONVEXAS	LONGITUD MÍNIMA
30	4	3	20
40	8	5	25
50	11	9	30
60	15	14	35
70	20	22	40
80	25	32	45
90	30	43	50
100	37	62	55
120	50	102	70

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

- MOVIMIENTOS DE TIERRAS

Este tema está destinado, a explicar todas las operaciones necesarias para el cálculo de los movimientos de tierras en los proyectos viales.

Para el ingeniero proyectista de obras viales, el principal objetivo para la elaboración de un proyecto es lograr la combinación de alineamientos y pendientes, que cumpliendo con las normas de trazado, faciliten la construcción de la carretera con el menor movimiento de tierras, logrando un equilibrio entre los volúmenes de corte y relleno que se originen.

En el estudio económico de las obras de tierra, se debe tener presente el cambio de volumen que sufre el suelo por la excavación y la compactación. Para la excavación se considera un incremento en el volumen respecto al inicial, este fenómeno se denomina esponjamiento. En el relleno se debe computar un volumen menor al excavado, porque el material apisonado se comprime por la compactación mecánica y se logra un peso volumétrico igual al original.

Para el constructor de carreteras el trabajo de mayor importancia es el movimiento de tierras, rubro que, con frecuencia es el más grande dentro del presupuesto de una carretera. De su correcta realización y control dependerá no sólo el éxito técnico de la obra, sino también los beneficios económicos que se obtengan.

El movimiento de tierra necesario para la construcción de una carretera se determina a partir de los perfiles o secciones transversales obtenidos a lo largo de la vía. La longitud de estos perfiles, su espaciamiento y la forma de obtenerla información depende de diferentes factores.

Sobre cada uno de los perfiles transversales del terreno se debe ubicar, a partir del estudio de estabilidad de taludes y del diseño horizontal, transversal y vertical la explanación necesaria con el fin de cuantificar las áreas de excavación o de terraplén.

El área de explanación está definida por la banca, los taludes y el perfil transversal del terreno natural. Mientras que el ancho de explanación es la distancia

comprendida entre el chaflán izquierdo y el chaflán derecho, tal como lo indica en el **GRAFICO N° 31**.

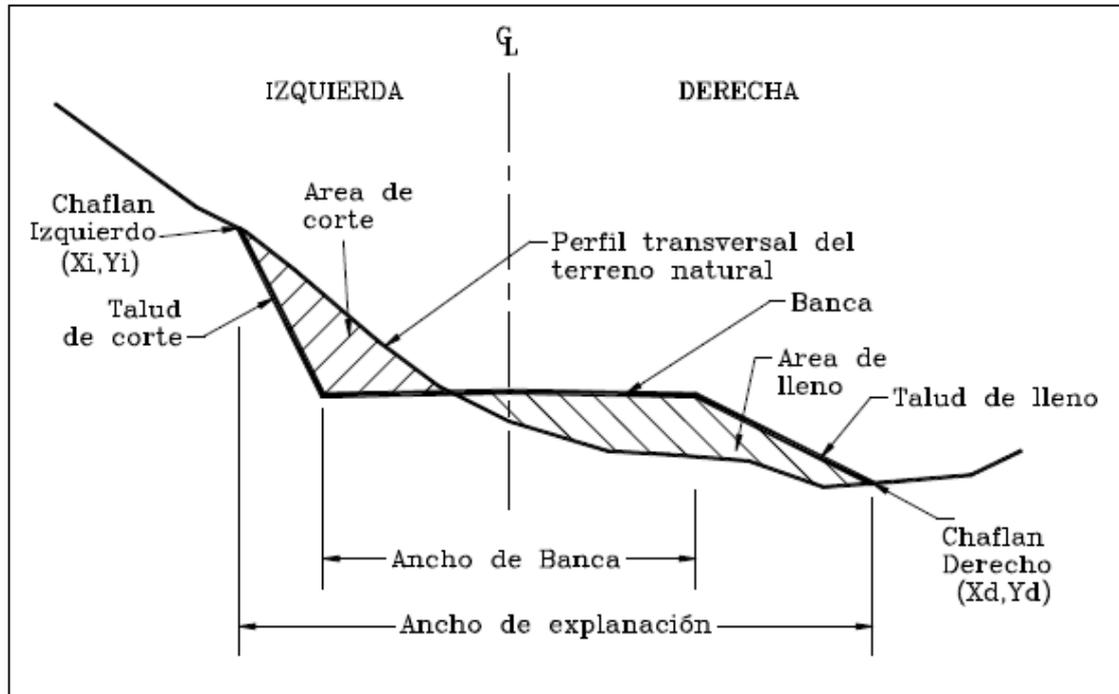


GRAFICO N° 31: ÁREAS DE EXPLANACIÓN
FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

- **DETERMINACIÓN DE LAS SECCIÓN DE CONSTRUCCION**

El movimiento de tierras se reduce a corte y relleno. El corte consiste en mover tierras hasta llegar a un nivel preestablecido. El relleno, es lo contrario, consiste en llenar los vacíos y desniveles, de tal manera que se llegue a las cotas del proyecto.

- **SECCIÓN TRANSVERSAL.-**

Es parte fundamental de un proyecto vial, donde el Ingeniero debe poner el máximo interés, para emitir sus conclusiones respecto al tipo de sección transversal a utilizar, de esta última depende la capacidad de tráfico de la vía y el costo total de la construcción.

El tráfico futuro, el criterio técnico y el buen sentido son rectores que fijarán la sección transversal más adecuada, que cumpla a satisfacción las exigencias

futuras, paralelamente se sujetará a las condiciones económicas existentes, de modo que la obra no tenga un costo elevado.

Geoméricamente, la sección transversal queda definida por la calzada, los espaldones, las bermas, las cunetas y los taludes laterales. En ocasiones con el objeto de mejorar las condiciones de operar la vía, se añaden a la sección transversal elementos tales como los bordillos, barandas, defensas, fajas separadoras y los dispositivos para la señalización de la vía.

En la sección transversal, se define como calzada, a la parte de la carretera destinada a la circulación de los vehículos. Contiguos a la calzada, se encuentran los espaldones, destinados a estacionamientos eventuales de vehículos; y en casos de necesidad urgente, pueden ser utilizados para la circulación. Las bermas, que suelen confundirse con los espaldones, sirven de soporte lateral a la zona de circulación. Calzada y espaldón constituyen la plataforma de la carretera, llamada explanación y es el ancho total comprendido entre las estacas extremas del talud.

- SECCIONES TÍPICAS.-

Todos los valores son normalizados por el Manual de Diseño de Carreteras del M.O.P. Para este caso se adoptó por requerimientos del Honorable Consejo Provincial de Chimborazo, para este caso se adopto por requerimientos y los resultaron que se obtuvo; los correspondientes valores de carreteras de dos carriles de clase IV.

Se denomina chaflán a las coordenadas de los extremos de los taludes con respecto al eje de la sub-rasante o en otras palabras los puntos donde los taludes encuentran el terreno natural. Por su parte la sub-rasante es la superficie acondicionada donde se apoya la estructura de pavimento.

Las cantidades de movimiento de tierra también se pueden determinar sin necesidad de obtener en detalle el perfil transversal del terreno. Esto se hace a partir de los chaflanes que se determinan directamente en el terreno con base en la información del diseño vertical y la inclinación de los taludes. Esta metodología aunque mucho más rápida es poco precisa y solo se emplea en proyectos pequeños donde las diferencias en los volúmenes no son considerables.

Otra forma de determinar la cantidad de movimiento de tierra es a partir de la topografía inicial y la topografía modificada luego de realizada la explanación. Esto es posible por medio de un programa especializado y solo serviría para obtener el volumen total.

El cálculo del movimiento de tierra debe realizarse por medio de secciones transversales por las siguientes razones:

- El volumen debe ser discriminado por sectores de acuerdo al tipo de suelo ya que los costos de explanación varían de acuerdo a este.
- A partir de las secciones transversales se obtienen los chaflanes que deben ser ubicados en el terreno con el fin de indicar los límites de la explanación y la altura de los taludes.
- Para elaborar el diagrama de masas y manejar de la mejor forma los volúmenes de tierra excedentes se requiere obtener cantidades como mínimo cada 100 metros.
- La gran mayoría de entidades, oficiales y privadas, exigen la presentación del diseño transversal y el movimiento de tierra por medio de secciones transversales debido a que se tiene una información gráfica mucho más completa y detallada.

- **DIBUJO DE SECCIÓN TRANSVERSAL**

Para determinar tanto las áreas y los chaflanes de una sección transversal es necesario dibujarla, en papel milimetrado o en el computador (Figura 12.5), a partir de la siguiente información:

- Perfil transversal
- Ancho de banca
- Cota negra
- Cota sub-rasante
- Inclinación talud de corte y/o relleno
- Peralte

El valor del peralte permite una mayor exactitud en el cálculo de las áreas y de los chaflanes.

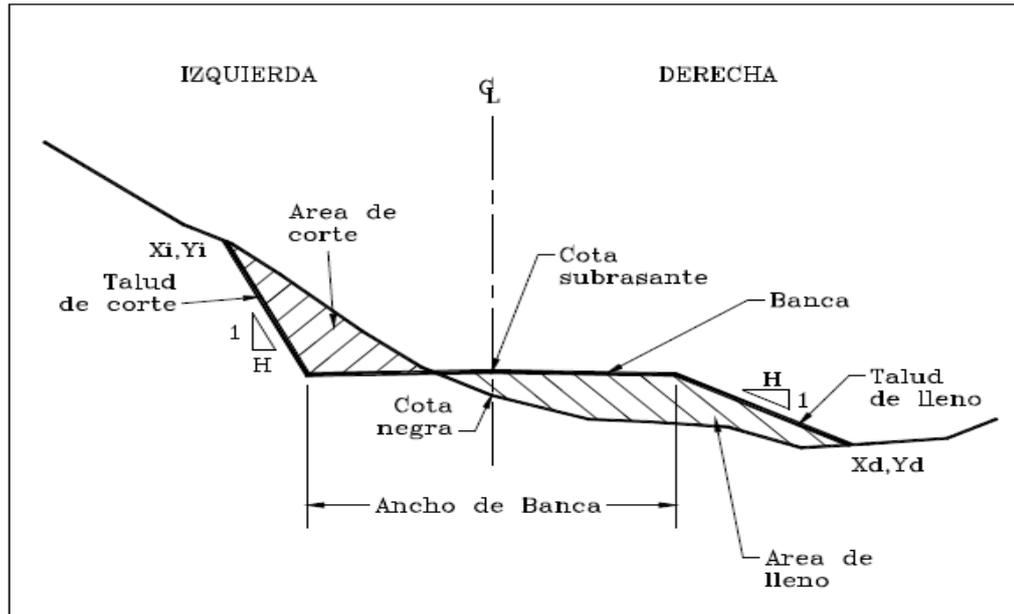


GRAFICO N° 32: ELEMENTOS PARA EL CÁLCULO DE ÁREAS Y CHAFLANES

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

- SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS DE CONSTRUCCIÓN:

De acuerdo a la topografía y al alineamiento vertical se pueden tener diferentes tipos de secciones a lo largo de una vía:

- Sección en corte o excavación
- Sección en relleno o terraplén
- Sección mixta
- Sección en corte a media ladera

Cada una de los tipos mencionados puede encontrarse en tramo recto, donde la inclinación de la banca corresponde al bombeo, o en tramo curvo con una inclinación de banca igual al peralte requerido.

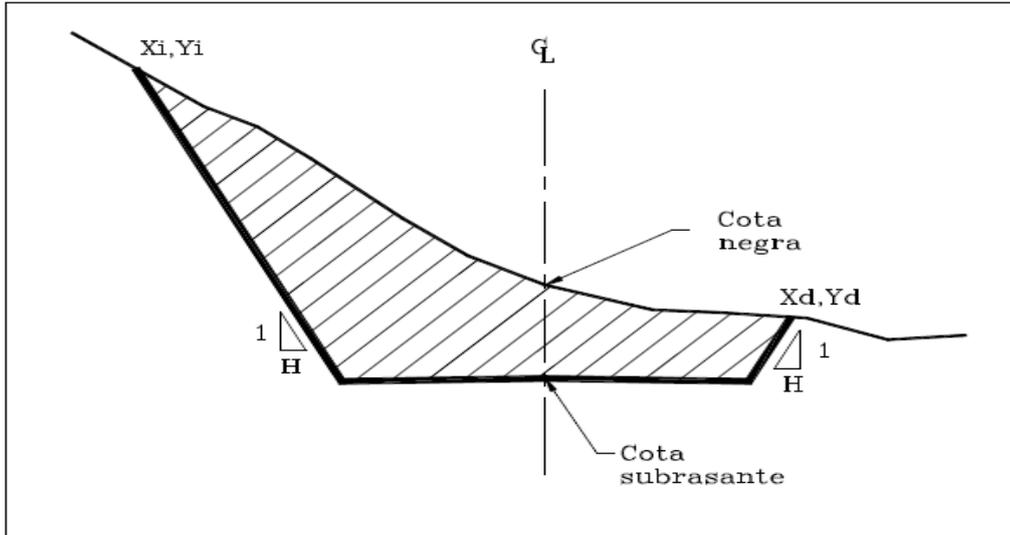


GRAFICO N° 33: SECCIÓN EN CORTE O EXCAVACIÓN
FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

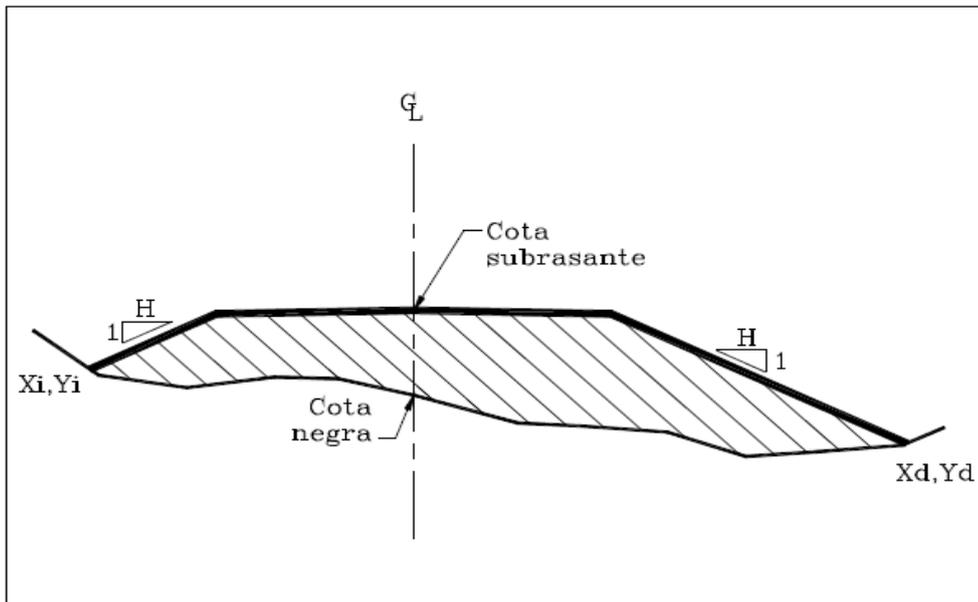


GRAFICO N° 34: SECCIÓN EN RELLENO O TERRAPLÉN
FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

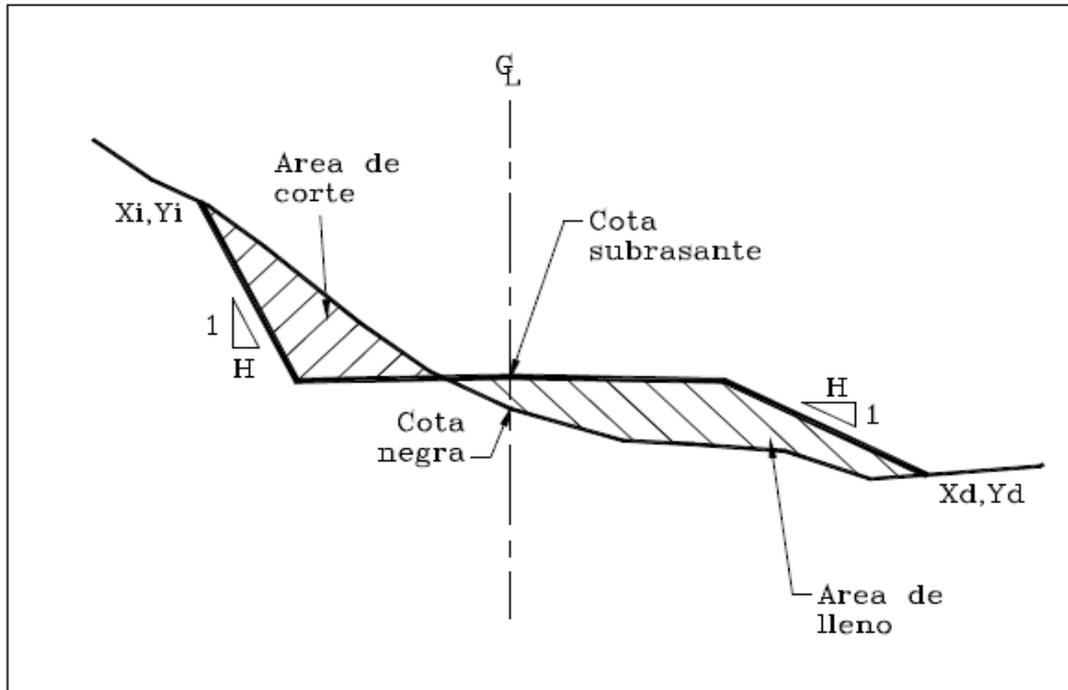


GRAFICO N° 35: SECCIÓN MIXTO

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

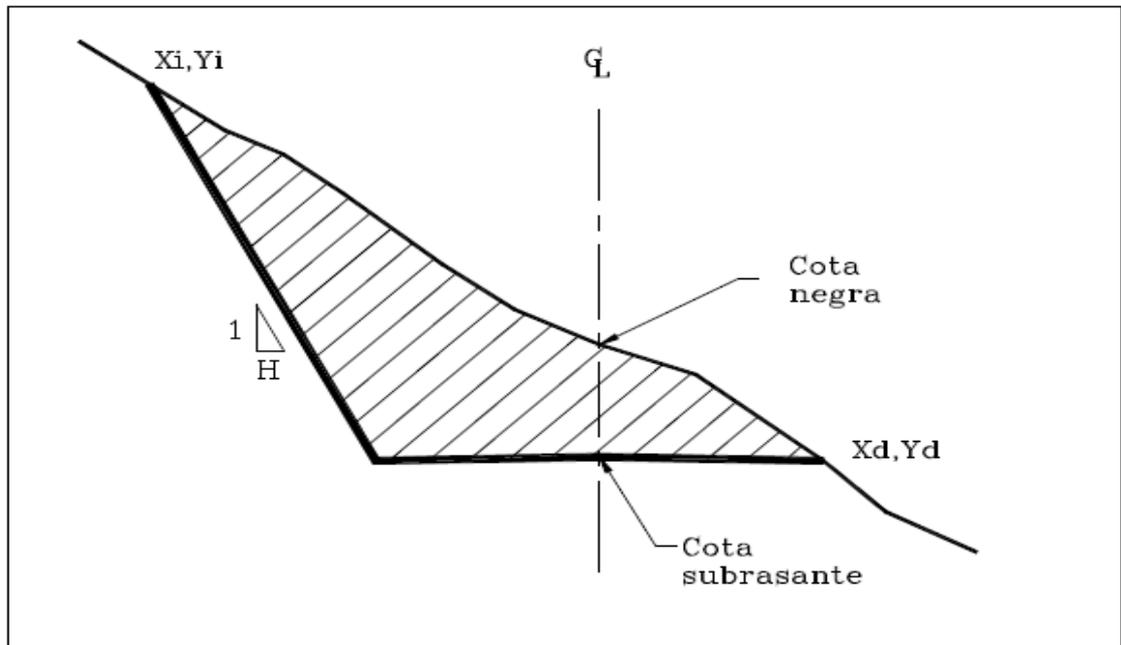


GRAFICO N° 36: SECCIÓN EN CORTE EN LADERA

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

- CALCULO DE VOLUMENES

Luego de tener el valor de las áreas de las secciones transversales, cualquiera haya sido el método de cálculo, se procede a calcular los volúmenes comprendidos entre ellas. Este volumen se supone que es un elemento geométrico de forma prismoidal limitado en sus extremos por las dos secciones transversales, en los costados por los taludes de corte o de lleno y en su parte inferior y superior la banca y la superficie del terreno natural

Para calcular el volumen del prismoide se emplea la siguiente expresión:

$$V = \frac{L(A1 + A2 + 4Am)}{6}$$

Donde:

V = Volumen del prismoide (m³)

A1 = Área de la sección inicial (m²)

A2 = Área de la sección final (m²)

L = Distancia entre secciones (m)

Am = Área de la sección situada en L/2.

Suponiendo que Am es igual al promedio de A1 y A2 se puede emplear la expresión:

$$V = \frac{L(A1 + A2)}{2}$$

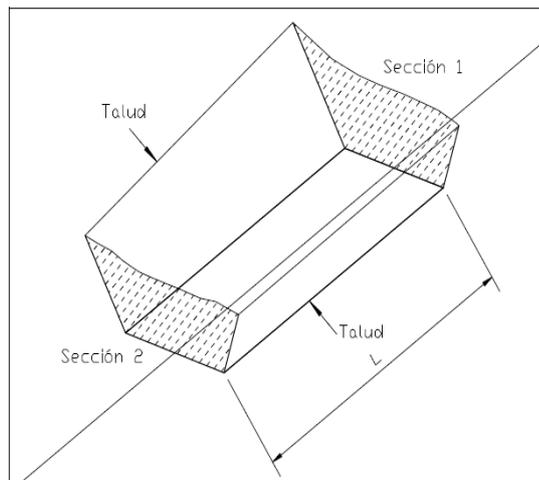


GRAFICO N° 37: PRISMOIDE

FUENTE: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del MTOP

Para determinar los volúmenes de movimiento de tierras, partimos de los datos obtenidos del levantamiento topográfico, con lo cual dibujamos el perfil transversal de cada abscisa del eje del proyecto.

Conocida la cota del proyecto, el ancho de la calzada de la carretera y la inclinación de los taludes, dibujamos la sección transversal de la carretera.

Para el cálculo de las áreas utilizamos cualquier método que se indica a continuación:

- a. Descomponiendo las secciones en figuras geométricas como: triángulos, rectángulos, trapecios, etc.

Una vez determinadas las áreas de las secciones transversales en corte y relleno, se calculan los respectivos volúmenes.

1. Para dos cortes consecutivos.

$$Volumen = \frac{(C1 + C2) * Distancia}{2}$$

2. Para dos rellenos consecutivos.

$$Volumen = \frac{(R1 + R2) * Distancia}{2}$$

3. Para el caso de un perfil en corte y otro en relleno.

$$Volumen\ de\ corte = \frac{C^2 * Distancia}{(2 * (C + R))}$$

$$Volumen\ de\ relleno = \frac{R^2 * Distancia}{(2 * (C + R))}$$

4. Para el caso de que un perfil este todo en corte, y el otro, parte en corte y parte en relleno.

$$\text{Volumen de corte} = \frac{(C + c)^2 * (c * r) * \text{Distancia}}{(2 * (C + c + r))}$$

$$\text{Volumen de corte} = \frac{(r^2 + (c * r)) * \text{Distancia}}{(2 * (C + c + r))}$$

Para evaluar los volúmenes tanto de corte como el de relleno se deben considerar factores de expansión y de contracción, obviamente dependiendo del suelo disponible en sitio, se tomaron valores que constan en la siguiente **TABLA N° 35**. Para el proyecto en estudio, se asume los valores correspondientes a **ARENAS**, que es el tipo de suelo existente en el proyecto, con la finalidad de cuantificar de mejor manera los volúmenes de material tanto de corte como el de relleno.

Tabla 35: COEFICIENTE DE EXPANSION Y DE CONTRACCION PARA DISTINTOS DE TIPOS DE SUELOS

TIPO DE SUELO	CONDICION INICIAL	CONVERTIDO A		
		EN SITIO	SUELTO	COMPACTADO
ARENA	En Sitio	0.00	1.11	0.95
	Suelta	0.90	0.00	0.86
	Compactada	1.05	1.17	0.00
TIERRA COMÚN	En Sitio	0.00	1.25	0.90
	Suelta	0.80	0.00	0.72
	Compactada	1.11	1.39	0.00
ARCILLA	En Sitio	0.00	1.43	0.90
	Suelta	0.70	0.00	0.63
	Compactada	1.11	1.59	0.00
ROCA	En Sitio	0.00	1.50	1.30
	Suelta	0.67	0.00	0.87
	Compactada	0.77	1.15	0.00

FUENTE: Tomado del libro "Carreteras estudio y proyecto" de Carciente Jacob

Del cuadro se toman los valores correspondientes a arenas: de sitio a suelta $f = 1.11$; de suelta a compactada $f = 0.86$ lo que significa que al cortar 1m^3 de suelo en sitio se obtiene 1.11m^3 de material suelto. Para relleno en cambio, se requiere de 1.16m^3 de material suelto para obtener 1m^3 de material compactada. Las unidades de medida son el m^3 para la excavación y m^3/km para sobreacarreo.

- **DIAGRAMA Y CURVAS DE MASAS**

El diagrama de masas es una gráfica, ideada por el Alemán BRUCKNER, que muestra la acumulación de los volúmenes de corte y el relleno según la distancia desde el punto de partida u origen. Permite realizar breve y fácilmente los tanteos precisos para fijar las compensaciones con el menor costo y sus distancias medias de acarreo de tierras.

El corte se considera con signo positivo y el relleno con signo negativo. Si una curva de masas es horizontal entre estaciones o abscisas, nos indica que no hay que mover material en ese tramo. En realidad pueden existir cortes y rellenos, pero se equilibran entre sí. Si el trabajo consiste en cortes y rellenos en laderas o taludes, el diagrama tiende a aplanarse, porque los cortes pueden moverse entre los rellenos en vez de moverlos de una estación a la otra. El movimiento de tierras de un lado al otro de la línea de centro (polígono definitivo) se llama transporte cruzado.

El acarreo libre es la distancia que puede moverse la excavación sin que aumente el precio de contrato; es decir, el precio unitario cotizado para la excavación se aplica sólo a distancias de acarreo menores que el acarreo libre. El sobreacarreo es la distancia que excede del acarreo libre.

En definitiva la curva de masas se utilizo para:

- Compensar volúmenes de tierra.
- Determinar el sentido de movimiento del material.
- Medir el transporte, distancias a mover volúmenes de tierra.
- Determinar la distancia de acarreo libre.
- Determinar o calcular la distancia de sobreacarreo.
- Establecer tramos de préstamo y zonas de bote.

Además cumplió con las siguientes propiedades:

- En corte asciende.
- En rellenos decrece.
- En lugares donde se cambia de corte a relleno, la curva marca un máximo.
- En lugares donde se cambia de relleno a corte, la curva marca un mínimo.
- El resultado de la resta de ordenadas entre dos puntos marca la diferencia de volumen de tierras entre la distancia de ambos puntos.
- Cuando la curva quede por encima de la línea de compensación, los acarreo se harán de atrás hacia adelante.
- Cuando la curva quede por debajo de la línea de compensación, los acarreo se harán de adelante hacia atrás.
- El área comprendida entre la curva de masas y la línea de compensación, representa el volumen por la longitud media de acarreo.

- **LÍNEA COMPENSATORIA**

El diagrama de masas es la representación gráfica de los volúmenes acumulados de corte y relleno a lo largo del eje del proyecto. Donde, la línea compensatoria es toda horizontal que corta por lo menos una onda.

En el tramo determinado por los puntos donde la línea compensatoria corta la onda, los volúmenes de corte y relleno están compensados.

- **UTILIZACIÓN PRÁCTICA DEL DIAGRAMA DE MASAS**

El diagrama de masas tiene las siguientes aplicaciones:

- El diagrama de masas está compuesto por una serie de ondas y estas por ramas, la rama es ascendente en tramos donde, en el perfil longitudinal predomina el corte y es descendente en tramos donde predomina el relleno. La pendiente de la rama esta relacionada con la magnitud del volumen, por tanto, pendientes muy pronunciadas indica grandes movimientos de tierra.
- Los puntos del diagrama de masas donde la pendiente de la rama cambia de signo corresponden a máximos y mínimos de la curva. Dichos puntos coinciden con aquellos del perfil longitudinal que indican el paso de corte a relleno o viceversa.

- La diferencia entre dos ordenadas con respecto a dos puntos en la horizontal, da el volumen de corte o relleno disponible entre ellos.
- La posición de una onda relación a la línea compensatoria, indica la dirección del acarreo a realizar. Ondas sobre la línea compensatoria, indican transporte hacia adelante, mientras que las ondas negativas indican acarreo hacia atrás.
- En el diagrama de masas, los valores de corte se asocian con el signo positivo; mientras que, los valores de relleno se asocian con el signo negativo.
- Para la determinación de los volúmenes de corte y relleno se localizan en el campo secciones transversales de acuerdo a los siguientes criterios:
 - En estaciones a intervalos de 20 metros.
 - En cada lugar en el cual varíe la pendiente de la superficie del suelo a lo largo del eje de la vía.
 - En puntos más altos o más bajos del terreno.
 - El resumen de los volúmenes de corte y relleno se encuentran en el diagrama de masas.

- **DESALOJOS**

Los desalojos se realizan en las zonas indicadas por el Fiscalizador, se eliminará el material proveniente del exceso del movimiento de tierra que no se utilizo en los rellenos, y está actividad deberá evitar todo daño o deformación de la vegetación, plantaciones, obstrucción de quebradas y ríos, etc.

Se puede emplear el material sobrante en la construcción de obras de carácter social. En el proyecto se tendrá que elegir sitios de bote pero sin que se altere aspectos visuales de la zona.

- **CALCULO DE LA CURVA DE MASAS**

El método que se utilizo es el que calcula el volumen entre dos secciones transversales continuas, multiplicando el promedio de las áreas de las secciones por las distancias que las separa.

$$V_{\text{vacumulado}} = V_{\text{abscisa anterior}} + V_{\text{corte en esta abscisa}} - V_{\text{relleno en esta abscisa}}$$

El volumen de la curva de masas es de 27790,767 m³.

Volumen de corte: 40783,31 m³

Volumen de relleno: 3386,43 m³

E. DESCRIPCION DE LA PROPUESTA.

a. Diseño Geométrico De La Vía

Generalidades

La carretera Shamanga-Balbanera por tratarse de una vía que posee demasiada demanda agrícola y ganadera es necesario la realización la rehabilitación de de la misma.

Parámetros Geométricos y Criterios de Diseño según la Norma del MTOP

Al realizar el recorrido por todo el proyecto vial se pone a consideración las siguientes recomendaciones:

- Con el TPDA determinado definiremos el proyecto como carretera clase IV en terreno ondulado y adoptar los valores y parámetros de diseño geométrico correspondientes a esta clase de vía.
- Se deberá realizar el mejoramiento en todas las curvas para evitar posibles accidentes en los mismos.
- Dentro de la sección transversal típica: se deberá considerar una carretera clase IV en terreno ondulado, la que básicamente consiste en una calzada de 7,20 m. de ancho con espaldones de variables a cada lado.

Referencia del Eje

Una vez materializado el eje de la vía, este fue debidamente referenciado, mediante la colocación de mojones en los PC y PT de las curvas y en los puntos de las tangentes.

Levantamiento de Perfiles Transversales

En todos los puntos estacados se tomaron perfiles transversales con acotamientos en los bordes y fondos de cuneta, pie de taludes, hasta cubrir una faja de 25 m. a cada lado de la carretera.

Levantamiento de obras de arte existentes

Según el levantamiento topográfico se determinó las alcantarillas, puentes existentes obteniéndose longitudes, ancho, alto, cotas de entrada y salida, cabezales, etc.

Trabajos De Oficina

En base a los datos de campo se calculó coordenadas y se dibujó la franja topográfica con todos sus detalles (vía existente, construcciones, alcantarillas, puentes, etc.) bajo formatos del MTOP.

Proyecto Horizontal

De acuerdo al levantamiento horizontal se procedió a cambiar los elementos de diseño (radios, deflexiones y transiciones).

Proyecto Vertical

Este ha consistido en un proyecto de regularización de la rasante actual con los siguientes objetivos:

Se aprovechara al máximo la capa actual de rodadura

Corregir dentro de lo posible los defectos constructivos del proyecto original tales como: curvas verticales sin visibilidad, corregir el mal drenaje de la vía mediante la elevación de la rasante en zonas planas para permitir el drenaje transversal de la calzada.

Se utilizará al máximo y dentro de lo posible la obra básica existente, las obras de arte menor y mayor muros de sostenimiento.

IX. PAVIMENTO

A. DISEÑO DE PAVIMENTOS

El actual método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles y rígidos de carreteras. En el caso de los pavimentos flexibles, el método establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2ton durante el período de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería. Desde la publicación de la primera guía AASHTO en 1961, se han efectuado modificaciones en la ecuación de diseño con la finalidad de mejorar su uso y su confiabilidad.

El método AASHTO para diseño de pavimentos flexibles publicada en 1993 incluye importantes modificaciones dirigidas a mejorar la confiabilidad del método.

Además la búsqueda de materiales es una labor fundamental dentro del diseño de pavimentos por lo tanto demanda mucha rigurosidad.

Y como sabemos una infraestructura vial incide mucho en la economía de nuestro país por el gran valor que tiene en ésta, pues al alto costo de construcción, mantenimiento o rehabilitación hay que adicionarle también los costos que se derivan por el mal estado de las vías, por eso los nuevos ingenieros que se dediquen a esta rama de la profesión se enfrentaran a un reto muy importante que es el de proporcionar estructuras de pavimentos eficaces con presupuestos cada vez mas restringidos.

Dentro del contexto del diseño de pavimentos se acepta que el dimensionamiento de estas estructuras permite que se establezcan las características de los materiales

de las distintas capas del pavimento y los espesores, de tal forma que el pavimento mantenga un “índice” de servicio aceptable durante la vida de servicio estimada.

B. SUBRASANTE

La función de la subrasante es soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, además de considerarse la cimentación del pavimento. Entre mejor calidad se tenga en esta capa el espesor del pavimento será más reducido y habrá un ahorro en costos sin mermar la calidad. Otra de las funciones de la subrasante es evitar que el terraplén contamine al pavimento y que sea absorbido por las terracerías.

Para realizar un estudio de la subrasante, se debe proceder de igual manera que para materiales de Sub-base y Bases granulares cuando no tiene cimentación.

El hecho fundamental es determinar el grado de compactación y su porcentaje de humedad que puede obtenerse en laboratorio, por medio del cual podemos conocer su comportamiento en la obra.

Al obtener en pruebas de laboratorio una densidad buena para la subrasante, éste ayuda de gran manera y garantiza el comportamiento de la estructura de pavimento. Evitando que a futuro se produzcan asentamientos por consolidación o fallas por fluencia plástica.

Para la subrasante podemos utilizar los siguientes materiales como: Suelos seleccionados y suelos mejorados con cal para disminuir la plasticidad.

C. SUB-BASE

Cumple una cuestión de economía ya que nos ahorra dinero al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de sub-base (no siempre se emplea en el pavimento), impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido por la subrasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías.

Este puede ser un material seleccionado que se encuentra por encima de la subrasante y por debajo de la base. El material está constituido por suelos gruesos mezclados con material fino. Deberá cumplir con los siguientes requisitos para el material que pase el tamiz N° 40, $LL > 25\%$ y $IP < 6\%$.

D. BASE

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores. El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales. En el caso de la granulometría, no es estrictamente necesario que los granos tengan una forma semejante a la que marcan las fronteras de las zonas, siendo de mayor importancia que el material tenga un CBR (valor relativo de soporte) y una plasticidad mínima; además se recomienda no compactar materiales en las bases que tengan una humedad igual o mayor que su límite plástico.

Esta capa es intermedia entre la sub-base y la carpeta asfáltica, estando conformado por materiales seleccionados tales como suelos friccionantes bien graduados, suelos totalmente compactados y piedra triturada, y la fracción que pasa el tamiz N° 40 deberá tener un $LL > 25\%$ y un $IP < 6\%$.

E. CAPA PARA ADHERENCIA

Es una solución bituminosa de asfalto o alquitrán que pudiere o no contener agregado, el cual es colocado sobre la capa de rodadura y cumple con las siguientes funciones:

- Reduce la circulación del aire en su interior y minimiza la oxidación.
- Nos da una superficie de textura uniforme y lisa.
- Permite sellar la superficie y evita posibles filtraciones de agua.
- La solución bituminosa no deberá penetrarse completamente en la base, sino deberá mantenerse fluido y se colocará a temperatura ambiente.
- Nunca se realizará su aplicación durante la presencia de lluvia.

- Cuando se tenga un agregado con exceso de finos, ó de un solo tamaño, se deberá aumentar el asfalto para asegurar la resistencia a la humedad.
- Cuando el sello es de espesor considerable o agregados gruesos, hay que reducir el asfalto para garantizar la estabilidad.
- Mejora de forma considerable la superficie deteriorada por el clima y el tiempo, como también corrige desmoronamientos en los bordes.
- La cantidad comprendida por metro cuadrado es de 0.15 lt/m² a 0.45 lt/m².

F. CAPA DE RODADURA – CARPETA ASFÁLTICA

Este trabajo consistirá en la construcción de una o más capas de agregados embebidos en material bituminoso, sobre una base previamente imprimada o sobre una capa de rodadura existente.

Para nuestro proyecto esta es la alternativa planteada, que viene a ser una capa de rodadura, que consiste en tender sobre una capa de imprimación previamente colocada la mezcla asfáltica, finalmente tender e ir compactando.

La carpeta asfáltica se llevará a cabo únicamente cuando la superficie a recibir se encuentre seca, y el tiempo no sea lluvioso, neblinoso ni existan posibilidades inminentes de lluvia.

Finalmente con la obtención del número estructural se deberá transformar a espesores de diseño.

G. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Los procedimientos involucrados en el actual método de diseño, versión 1993, están basados en las ecuaciones originales de la AASHO que datan de 1961, producto de las pruebas en Ottawa, Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos. La versión de 1986 y la actual de 1993 se han modificado para incluir factores o parámetros de diseño que no habían sido considerados y que son producto de la experiencia adquirida por ese organismo entre el método original y su versión más moderna, además de incluir experiencias de otras dependencias y consultores independientes.

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “**número estructural SN**” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado.

Para el diseño de la estructura de pavimento se tiene dos consideraciones, la una es de carácter estructural y la otra de carácter funcional.

Para la primera se tienen en consideración los diferentes puntos como: resistencia, estabilidad volumétrica, compresibilidad, resistencia a la fatiga, capacidad portante, relación esfuerzo deformación, comportamiento frente a la parte ambiental, proceso constructivo y mecanismos de rehabilitación.

En cuanto a lo segundo se considera los siguientes puntos tales como: costo de inversión en el proyecto, su importancia, la velocidad de operación, seguridad y mantenimiento.

Al involucrar todas estas consideraciones en el diseño de la estructura de pavimento, se obtiene como resultado una estructura que será durable y a la vez segura para el usuario.

H. DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO

Dadas las características de un proyecto vial, que tiene una longitud considerable y terracerías formadas por cortes y rellenos, es muy difícil esperar condiciones de subrasantes constituidas por suelos uniformes, en consecuencia los valores de CBR son variables a lo largo del proyecto.

El valor soporte de la subrasante se obtuvo en función del CBR. Luego de definir la ruta a seguir, sobre el cual se diseñará el pavimento, se tendrá que obtener un CBR limitante.

Esta posibilidad se puede obtener con los valores de CBR calculados para cada kilómetro. Se debe ordenar de mayor a menor sin importar el orden de las abscisas, luego se debe enumerar a los CBR empezando desde el de mayor valor hasta el de menor valor, para luego obtener la frecuencia correspondiente a cada CBR en su respectivo orden.

Finalmente se dibuja los valores de CBR vs frecuencia y se obtiene el valor de CBR de diseño correspondiente al 85% de su frecuencia.

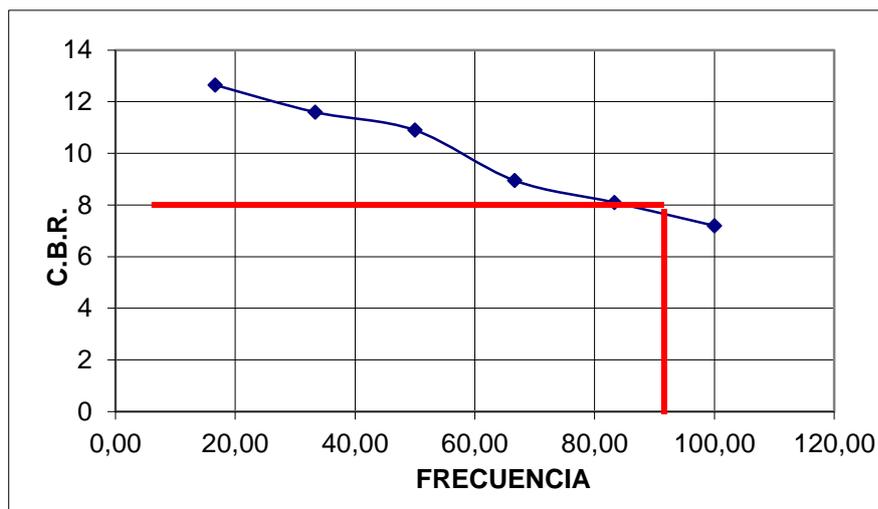
Para la obtención de las frecuencias se debe dividir el número de orden de los CBR para el número total de ensayos realizados y esto multiplicar por cien.

TABLA N° 36: DETERMINACION DEL CBR DE DISEÑO

DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO		
POSICIÓN	FRECUENCIA	CBR
6	100,00	7,2
5	83,33	8,1
4	66,67	8,95
3	50,00	10,9
2	33,33	11,6
1	16,67	12,65

Elaboró: Christian Torres.

Para este proyecto se obtuvo seis muestras para realizar el estudio de suelos, empezando desde el kilometro 0+100.000 hasta el kilometro 2+400.000. la grafica valor de Frecuencias vs. CBR se indica a continuación, en el cual se obtuvo un valor de CBR de diseño de 8.00



GRAFICA N° 38 VALOR CBR vs. FRECUENCIAS

Elaboró: Christian Torres.

I. PARÁMETROS DE DISEÑO

METODO DE DISEÑO

El procedimiento a seguir se basa en el actual método de diseño, versión 1993 de la AASHTO. En el cual se toma en consideración factores de tipo ambiental, tráfico, humedad relativa, calidad de la subrasante, calidad de los materiales y la confiabilidad.

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” para el pavimento que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general y la grafica que se describe a continuación:

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log (SN+1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{1094} + 2.32 \times \log M_R - 8.07 - \frac{0.40}{(SN+1)^{5.19}}$$

FUENTE: AGUDELO OSPINA, John Jairo Diseño Geométrico de Vías.

**RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA CAPA DE RODADURA – CARPETA
ASFÁLTICA**

DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA METODO AASHTO 1993			
PROYECTO : PANAMERICANA–SHAMANGA-BALBANER.		DISEÑADO: CHRISTIAN TORRES A.	
UBICACIÓN : COLTA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO		FECHA : AGOSTO/2011	
DATOS DE ENTRADA			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)			400,00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)			30,00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)			15,00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			1,54E+05
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			90%
DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1,282
DESVIACIÓN ESTANDAR TOTAL (So)			0,35
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			11,97
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a1)			0,42
Base granular (a2)			0,13
Subbase (a3)			0,12
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m2)			0,90
Subbase (m3)			0,80
DATOS DE SALIDA			
	TEORICO	ES. ADP (in)	N. ES. COR
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2,00		2,31
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1,38	2	0,84
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0,46	6	0,70
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	0,17	8	0,77

VERIFICACIONES		
CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL		
N18 NOMINAL	N18 CALCULO	SN
5,19	5,19	2,01
5,19	5,19	1,38
5,19	5,19	1,84

Elaboro: Christian Torres.

VERIFICACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Contabilidad (H) y Desviación estándar (So) 90 % Zr=-1.282 So 0.35	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.20 PSI final 2.00		Módulo resiliente de la subrasante Mr 11973.98 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - E _c (psi)		Coefficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - S _c (psi)		Coefficiente de drenaje - (Cd)	
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN <input type="radio"/> Calcular W18		Número Estructural SN = 2,01	
W18 = 153832.608			
Calcular		Salir	

Elaboro: Christian Torres.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA				
	TEORICO	ESP. CAL	PROPUESTO	ESP. FINAL
ESPESOR CARPETA ASFALTICA	8,35	3,29	2,00	5,08
ESPESOR BASE GRANULAR	8,00	8,50	6,00	15,24
ESPESOR SUB BASE GRANULAR	2,79	4,77	8,00	20,32
ESPESOR TOTAL	19,14	16,6	16,00	40,64
	Centímetros	Pulgadas	Pulgadas	Centímetros
RESPONSABLE :	CHRISTIAN TORRES A		INSTITUCIÓN	
LUGAR :	RIOBAMBA – ECUADOR		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	

Elaboro: Christian Torres.

De los resultados obtenidos se ha optado por los siguientes espesores de capa, en el cual para la carpeta asfáltica se ha tomado un valor propuesto de 5cm, para la base granular un espesor de 15cm y para la sub-base granular un espesor de 20cm. Con el cual se ha obtenido un espesor total de la estructura del pavimento que es igual a 40cm.

X. ESTUDIO HIDRAULICO

A. ESTUDIO HIDRAÚLICO

Para el drenaje de carreteras es de vital importancia la construcción de obras de arte dirigidas específicamente a recoger, conducir y evacuar el agua superficial que se acumula sobre ó en sectores próximos a la vía. Y para que trabaje de manera eficiente durante y después de fuertes precipitaciones, ésta deberá estar sometida a una limpieza y reparación rutinaria del drenaje.

Para evitar posibles problemas de drenaje superficial y erosión del suelo, se debe realizar un estudio minucioso del trazado de la vía. El trazado ideal desde el punto de vista del drenaje, omite las pendientes pronunciadas, los desmontes rápidos y los terraplenes, sitios donde se observa problemas para el control de la erosión. Hay que considerar entonces que el drenaje superficial es un factor muy importante para el trazado de carreteras.

Luego de haber establecido el trazado definitivo de la vía, debe tomarse en consideración todas las obras de drenaje que se presentarán a lo largo del proyecto, ya que sin una adecuada instalación de drenaje, tanto superficiales como subterráneas, afectará directamente en el tiempo de la vida útil del camino, sin considerar que tan buena o no sea la estructura del pavimento.

Las dimensiones de las estructuras de drenaje deberán estar basadas en un cierto caudal razonable de diseño, así como en las características del sitio y en consideraciones ambientales. La determinación del caudal correcto de diseño o de un valor razonable es de importancia fundamental, para que la estructura pueda funcionar correctamente y para prevenir fallas en las estructuras. Cualquier alcantarilla tiene una capacidad de flujo finita que no debería excederse. Los puentes también tienen una capacidad específica para la sección transversal de diseño, pero es generalmente grande. El diseño de cruces para condiciones de estiaje se basa en estimaciones tanto de los caudales mínimos como de los máximos para ese drenaje en particular.

La mayoría de los métodos de determinación del caudal implica la definición o estimación del área de drenaje. Este trabajo usualmente se realiza mediante la delimitación del área de la cuenca de captación sobre un mapa topográfico.

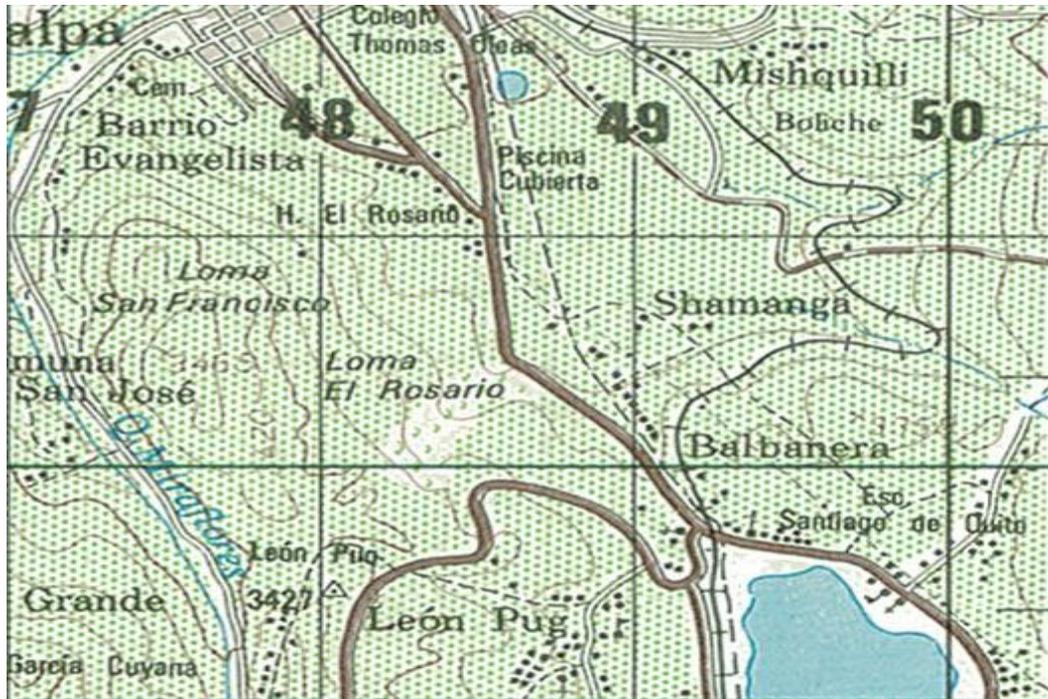


GRÁFICO 39: DETERMINACIÓN DEL AREA DE APORTACIÓN

Elaboró: Christian Torres

Idealmente, deberían usarse mapas topográficos a una escala de 1:10 000 o 1:20 000 para el diseño del proyecto de drenaje. Sin embargo, es frecuente que en muchos países la escala del mapa más detallado disponible sea de 1:50000, por lo que este tipo de mapa debería emplearse.

Cuando menos debería usarse el llamado Método Racional, basado en la precipitación pluvial, para determinar la descarga de pequeñas cuencas de captación, con un área de drenaje de no más de aproximadamente 120 hectáreas. El Método Talbot recurre directamente al Método Racional y puede resultar útil para hacer una estimación preliminar del diámetro de tubería necesario, en función del área de drenaje. Sin embargo, el Método Talbot no toma en consideración la intensidad variable de la lluvia ni el periodo de retorno, por lo que carece de precisión. En situaciones ideales se podrá contar con métodos estadísticos basados en análisis de regresión de datos regionales de flujo en

arroyos o con datos reales de gastos en arroyos locales, y se podrá usar esta información.

En cuencas de captación extensas se puede contar con datos específicos de estaciones de aforo, los cuales se podrían analizar estadísticamente y usarse en el diseño hidráulico para determinar los caudales correspondientes a distintos periodos de retorno. Las marcas de niveles altos del agua y las mediciones de la geometría del cauce se pueden usar junto con la Ecuación de Manning para determinar la velocidad de flujo y por lo tanto el volumen de flujo (descarga, o capacidad) a través del cauce para un cierto nivel máximo del agua.

Se puede recurrir a una gran variedad de métodos disponibles para el diseñador, a fin de determinar los caudales de diseño. Se debería usar cuando menos un método analítico e idealmente un par de métodos para comparar los resultados entre sí y ganar confianza en sus valores del caudal de diseño.

Método Racional.- Se usa con mucha frecuencia para la determinación de caudales en cuencas de captaciones pequeñas y se puede aplicar en la mayoría de las zonas geográficas. Resulta particularmente útil cuando no se tienen datos de flujo de arroyos locales y se puede usar para hacer una estimación aproximada del caudal para grandes cuencas de captación, a falta de otras opciones. Es por eso que la Fórmula Racional se presenta a continuación y se explicará brevemente.

$$Q=(C*I*A)/360$$

Q = Caudal de diseño, m³/s.

C = Coeficiente de escurrimiento, a dimensional.

I = Intensidad de lluvia, mm/hora.

A = Área de drenaje, has.

Coeficiente de Escurrimiento (C), En estos valores se reflejan las diferentes características de la cuenca de captación que afectan el escurrimiento. El diseñador debe desarrollar experiencia y usar su criterio para seleccionar el valor apropiado de C. Puede observarse que el valor de C es posible que cambie en el curso de la vida útil de la estructura, como puede ser debido a cambios en el uso

del suelo de un bosque para convertirse en terrenos agrícolas, o como resultado de un incendio en la cuenca de captación.

Área (A), es simplemente la superficie de la cuenca de captación que contribuye con escurrimientos hacia el cruce de drenaje. Sus límites abarcan desde uno de los parte aguas de drenaje hasta el opuesto y hacia abajo hasta llegar al cruce. En la superficie de un camino, el “área de drenaje” es el talud del corte y el área de la superficie de la calzada entre drenes transversales o las cunetas de salida.

Intensidad de lluvia (I), es el tercer factor, y el que resulta más difícil de obtener. Se expresa como la intensidad promedio de lluvia en milímetros por hora (mm/h) para una cierta frecuencia de recurrencia y para una duración igual al Tiempo de Concentración de la cuenca de captación. Al inicio de una tormenta, el escurrimiento desde partes distantes de la cuenca de captación no ha llegado al punto de descarga. Una vez que el escurrimiento alcanza el punto de descarga, más allá del tiempo de concentración, tendrá lugar un régimen de flujo estable. Este periodo inicial constituye el “Tiempo de Concentración”. Para el caso de cuencas de captación muy pequeñas, se recomienda un tiempo mínimo de concentración de 5 minutos para encontrar la intensidad que se usará en la determinación de los caudales de diseño.

B. ANÁLISIS DEL REGIMEN PLUVIAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El lugar donde se desarrolla el proyecto tiene un área de influencia que le corresponde a un clima tropical de altura, esto es, muy suavizado en temperaturas y escaso en lluvias, lo que origina en algunas zonas incluso un clima y vegetación semidesérticos; esto contrasta con los páramos de altura y los nevados.

C. INTENSIDADES DE LLUVIA

Con el objeto de tener mayor precisión en el cálculo de caudales se debe entonces considerar la influencia de las magnitudes de precipitación pluvial, siendo así se han definido las siguientes curvas de *Intensidad-Duración-Frecuencia*. En el

cual ingresa como dato básico el correspondiente a la precipitación máxima en 24 horas para la zona en estudio, valor que se encuentra implícito en el parámetro I_d de acuerdo a las siguientes relaciones establecidas por **INAMHI** para la *zona 16* en su última versión del 2000.

D. ECUACION PARA DETERMINAR LA INTENSIDAD EN CUALQUIER PERIODO DE RETORNO

Para 5min < t < 25min >>> $I_{t,T_r} = 76,946 * t^{-0.4583} * I_d$

Para 25min < t < 1.440min >>> $I_{t,T_r} = 174,470 * t^{-0.7143} * I_d$

Donde:

I_{t,T_r} = Intensidad máxima de lluvia con duración t y periodo de retorno T_r en años.

t = Duración de la lluvia en minutos.

I_d = Intensidad diaria para un periodo de retorno de T_r años ($I_d = P_d/24$), mm/hora.

P_d = Precipitación diaria (precipitación máxima en 24 horas), mm.

Para poder comprender con mayor facilidad la metodología aplicada se presenta a continuación la zonificación del país y las isolíneas de I_d para un periodo de retorno de 10 años.

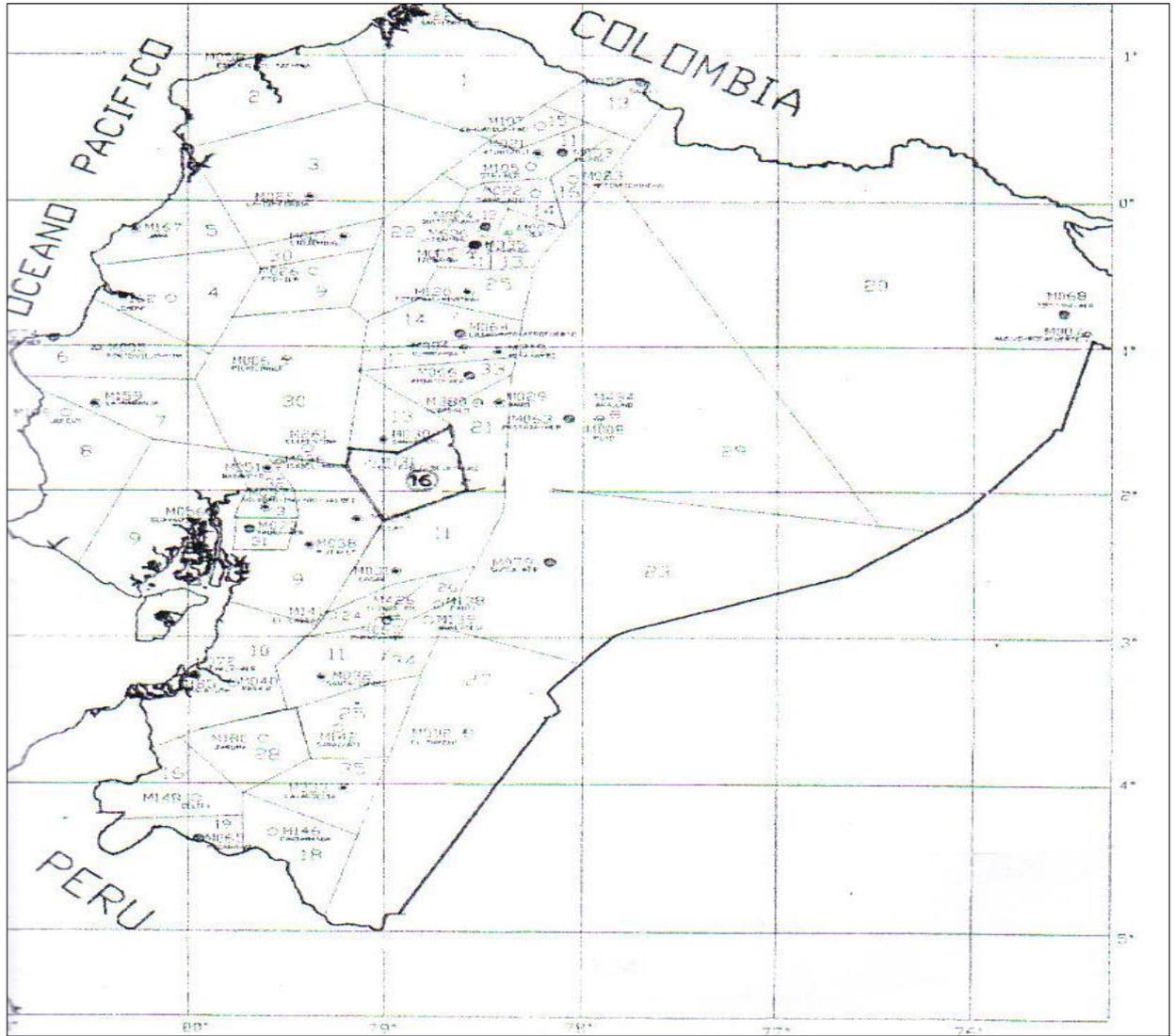


GRÁFICO 40: ZONIFICACIÓN DE INTENSIDADES DE LLUVIA
FUENTE: INAMHI

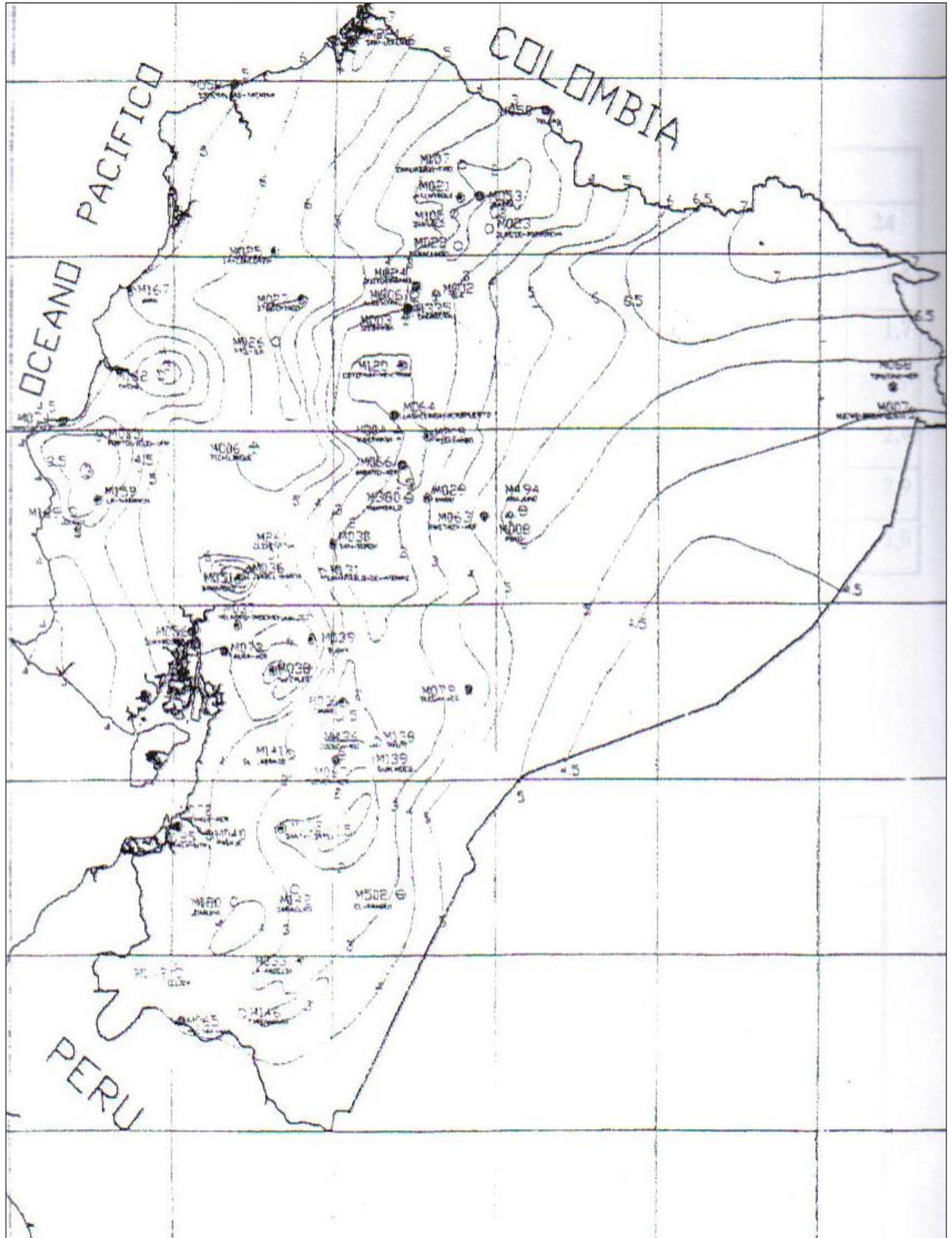


GRÁFICO 41: ISOLINEAS DE I_d PARA $T_r = 10$ AÑOS

FUENTE: INAMHI

E. INFORMACIÓN METEREOLÓGICA EN ESTACIÓN RIOBAMBA –
AEROPUERTO (M – 057)

En los siguientes cuadros se presentan los datos de temperatura, humedad relativa, nubosidad, heliofanía, evaporación, precipitación mensual, precipitación máxima diaria y número de días con lluvia mayor a 0.10 mm diarios recopilados en esta estación climatológica principal para el periodo 1959-1984 (26 años) localizada en las coordenadas 01° 39' 00" S y 78° 39' 00" W, a 2760 msnm.

TABLA 37: INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN METEREOLÓGICA (RIOBAMBA – AEROPUERTO)

AÑO	TEMP. °C	HUM %	HELIO	NUBO	EVAPO	PRECP	Pmáx24	DÍAS c /
			F	,	,	,	h,	DÍAS c /
			horas	octavo	mm	mm	mm	LLUVI
				s				A
1959	13,0	80	n/d	6,0	n/d	443,90	27,60	158,00
1960	14,0	77	n/d	6,0	n/d	244,50	16,80	89,00
1961	12,6	80	n/d	6,0	n/d	276,80	29,00	70,00
1962	12,9	77	1509,20	6,0	401,50	467,80	32,40	96,00
1963	13,5	73	1546,10	6,0	625,60	500,30	20,90	134,00
1964	13,3	73	1868,20	6,0	2120,00	418,10	24,40	176,00
1965	n/d	73	1898,10	6,0	1720,80	479,30	25,60	182,00
1966	13,9	72	1122,80	6,0	965,50	370,90	25,40	132,00
1967	13,3	72	n/d	6,0	241,40	358,90	22,10	138,00
1968	13,5	70	1869,00	6,0	634,70	253,10	20,30	86,00
1969	13,7	75	1630,20	6,0	1209,10	482,50	47,60	128,00
1970	13,2	78	1750,90	7,0	1111,10	574,90	35,40	149,00
1971	13,0	75	1179,00	7,0	1044,30	526,70	20,10	160,00
1972	13,5	79	1588,70	6,0	1017,60	473,90	28,40	131,00
1973	13,9	69	1668,10	7,0	n/d	276,50	15,30	91,00
1974	13,3	68	1444,30	6,0	771,70	452,50	18,80	163,00
1975	13,0	70	1579,90	7,0	823,00	621,00	24,30	186,00
1976	13,4	68	1653,10	6,0	1073,90	390,00	18,80	141,00
1977	13,8	70	1702,00	6,0	931,50	365,30	25,00	132,00
1978	13,8	73	1828,10	6,0	1067,00	373,80	22,60	135,00
1979	14,0	72	n/d	6,0	1250,80	274,60	28,10	104,00
1980	13,9	71	n/d	6,0	n/d	373,60	24,60	91,00
1981	14,3	70	1750,40	6,0	n/d	433,20	26,20	130,00
1982	14,4	76	1534,50	n/d	n/d	581,80	26,00	n/d
1983	13,9	73	1536,60	6,0	n/d	627,40	25,40	148,00
1984	13,5	77	1493,90	6,0	n/d	668,50	22,00	n/d
PROMEDI O	13,5	74	1607,66	6,2	1000,56	434,99	25,12	131,25

FUENTE: INAMHI

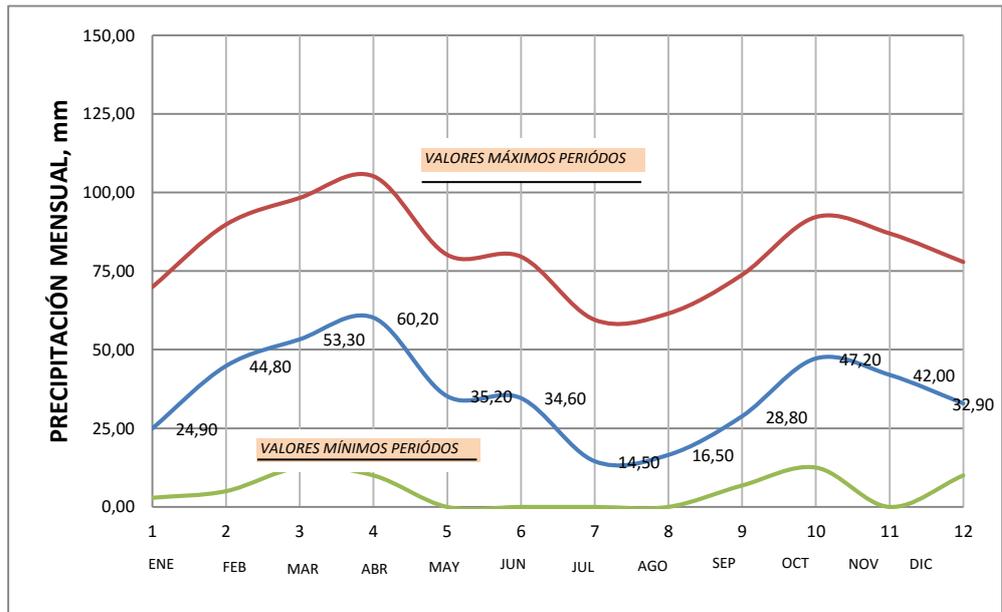


GRÁFICO 42: PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EN RIOBAMBA - AEROPUERTO

FUENTE: INAMHI

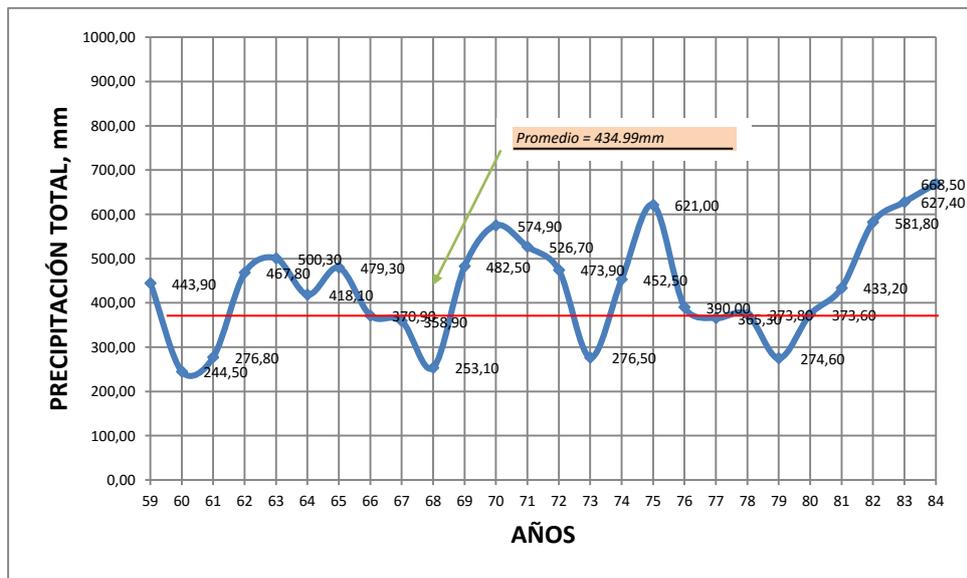


GRÁFICO 43: PRECIPITACIÓN ANUAL EN RIOBAMBA - AEROPUERTO

FUENTE: INAMHI

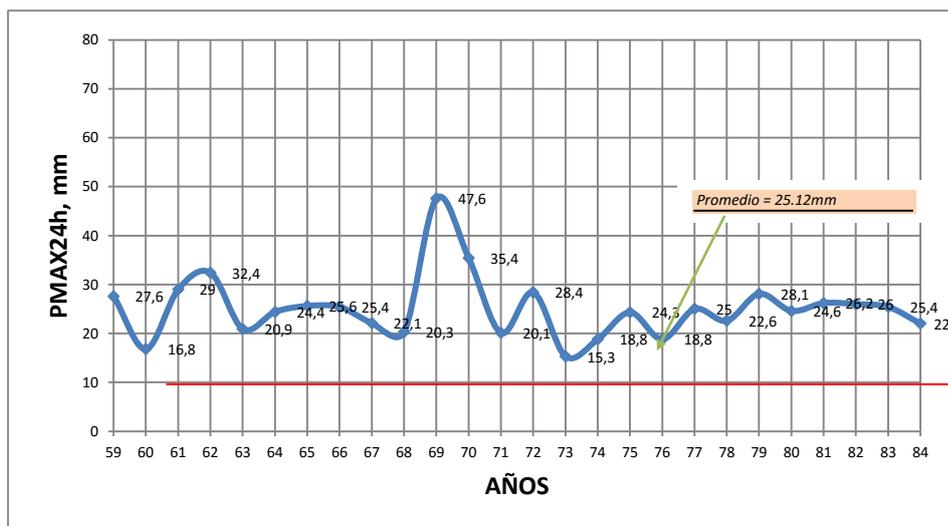


GRÁFICO 44: PRECIPITACIÓN MAX24h EN RIOBAMBA – AEROPUERTO

FUENTE: INAMHI

TABLA 38: INTENSIDADES MÁXIMAS DE LLUVIA

Tr	t, en minutos						t, en horas				
	AÑOS	5	10	15	20	30	60	2	6	12	24
2	55,20	40,20	33,40	29,20	23,10	14,10	8,60	3,90	2,40	1,50	
5	64,40	46,90	38,90	34,10	26,90	16,40	10,00	4,60	2,80	1,70	
10	73,60	53,60	44,50	39,00	30,70	18,70	11,40	5,20	3,20	1,90	
25	92,00	67,00	55,60	48,70	38,40	23,40	14,30	6,50	4,00	2,40	
50	110,40	80,40	66,70	58,50	46,10	28,10	17,10	7,80	4,80	2,90	
100	147,20	107,10	89,00	78,00	61,50	37,50	22,80	10,40	6,40	3,90	

FUENTE: INAMHI

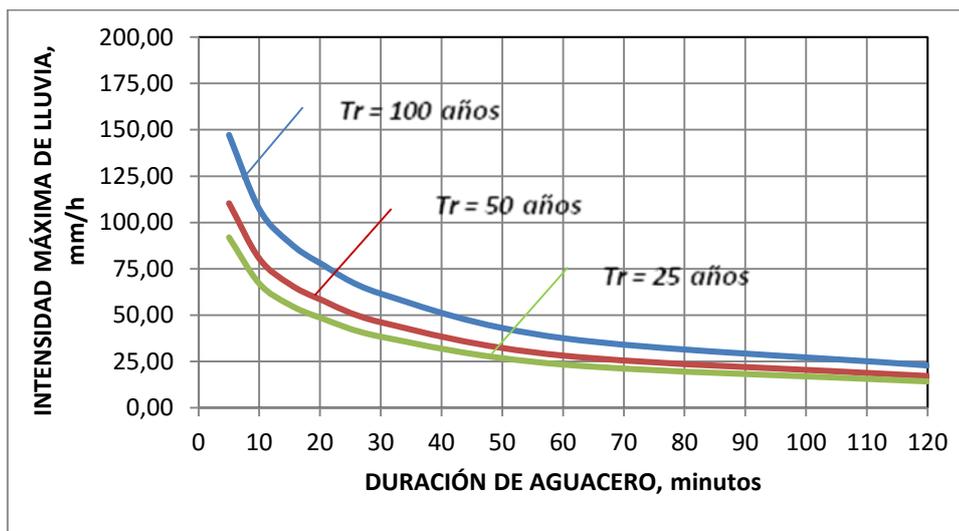


GRÁFICO 45: CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA

FUENTE: INAMHI

F. EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE DRENAJE VIAL EXISTENTE

INVENTARIO DE ALCANTARILLAS EXISTENTES									
N°	ABSCISA	ORIGEN FLUJO		LONGITUD	SECCIÓN TRANSVERSAL			MATERIAL	OBSERVACIONES
		IZQ	DER		D	B	H		
1	1 + 650.00	X		8,00	0,30			Hormigón	Tramo 1

Elaboro: Christian Torres.

G. DETERMINACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

Para realizar el cálculo de los caudales máximos se emplea el llamado *Método Racional*, en la cual es de importancia fundamental el dato correspondiente a la *intensidad de lluvia*, que fue descrito en el punto 6.1.1. del presente capítulo.

$$Q=(C*I*A)/360$$

Q = Caudal de diseño, m³/s.

C = Coeficiente de escorrentía, a dimensional.

I = Intensidad de lluvia, mm/hora.

A = Área de drenaje, has.

H. ÁREAS DE APORTACIÓN

Para realizar el cálculo de las áreas de aportación se debe hacer uso de las cartas geográficas publicadas por el IGM, en el caso de éste proyecto VÍA PANAMERICANA SHAMANGA - BALBANERA, que corresponde al estudio que se realiza para el mejoramiento de la VÍA PANAMERICANA SHAMANGA - BALBANERA, se tomó como referencia la carta geográfica de Villa Unión.

En la cual se revisó minuciosamente y se encontró las siguientes quebradas secas que cruzan la vía.

TABLA 39: ÁREAS DE APORTACIÓN

N°	NOMBRE	ABSCISA	A, ha
1	Sitio Critico salida Panamericana Tramo 1	1 + 650	32,00
2	Sitio Critico Tamo 2	0+740	10,00

Elaboró: Christian Torres.

I. PARÁMETROS A CONSIDERAR PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Para poder aplicar correctamente el *Método Racional*, se debe sacar toda la información que nos pueda proporcionar la Carta Geográfica tales como: área de drenaje, longitud de cauce y desnivel medio de cada subcuenca analizada, sobre esta base se podrá determinar el llamado *tiempo de concentración* mediante la *fórmula de Kirpich*.

$$T_c = 0,0195 * (L^3/H)^{0,385}$$

Donde:

L = Longitud de cauce principal, metros.

H = Desnivel medio de la cuenca, metros.

Los resultados, que son el producto de la aplicación del método se resumen a continuación.

TABLA 40: CÁLCULO DE CAUDALES POR MÉTODO RACIONAL

Nº	NOMBRE	ABSCISA	C	L, m	H, m	Tc, min	A, ha	I, mm/h	Q, m3/s
1	Sitio Critico T-1	1 + 650.00	0,85	1650,00	35,50	25,67	32,00	22,40	1,692
2	Sitio Critico T-2	0 + 740.00	0,85	740,00	35,50	10,17	10,00	22,40	0,528

Elaboró: Christian Torres.

J. ALCANTARILLAS

Con los datos obtenidos de las inspecciones realizadas en el campo y verificaciones en oficina se procede a realizar el dimensionamiento de las alcantarillas, con el objeto que la implantación de estas obras en los distintos sitios puedan conducir los caudales máximos y no produzcan remansos excesivos a la entrada ni altas velocidades a la salida, para una pendiente y sección transversal determinadas en el proyecto.

Para realizar el diseño de las estructuras de drenaje se ha considerado las ecuaciones de flujo uniforme para canales abiertos con control a la entrada y superficie libre en el interior del conducto, es decir sección parcialmente llena.

Para determinar la sección transversal de las obras de drenaje aplicamos las siguientes fórmulas para una rectangular y otra circular, respectivamente.

$$H = (Q / (1,704 * L))^{2/3} \text{ Sección Rectangular}$$

$$D = (Q / 1,425)^{2/5} \text{ Sección Circular}$$

Donde:

H = Altura de la sección rectangular, m.

Q = Caudal de diseño, m³/s.

L = Ancho de la sección rectangular, m.

D = Diámetro de la sección circular, m.

Luego de realizar los respectivos cálculos, se procede a verificar la conducción hidráulica de escurrimiento calculando la altura crítica del conducto rectangular predimensionado, el mismo no deberá superar la altura de la alcantarilla, con la siguiente fórmula.

$$h_c = (Q^2 / (L^2 * g))^{1/3}$$

Donde:

h_c = Altura crítica, m.

Q = Caudal de diseño, m³/s.

L = Ancho de la sección rectangular, m.

g = Aceleración de la gravedad, m/s².

Para el cálculo de la sección circular se utiliza el gráfico que se muestra a continuación.

Además es importante considerar que el Ministerio de Obras Públicas, recomienda una **alcantarilla mínima de 1.20** metros de diámetro, aspecto que se deberá considerar para el dimensionamiento.

TABLA 41: VERIFICACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLAS PRINCIPALES

ABSCISA	Q, m ³ /S	N° ORIF	L, m	G. %	D -CAL	DIMENSIONES			hc, m	Ac, m ²	V, m/s	He/D	He, m	OBSERVACIÓN
						D	B	H						
Sitio crítico	1,692	1	10	2%	1,071	1,2	<i>Día. Mínimo</i>		0,80	0,80	2,72	1,08	1,30	Se verifica 1 D 1,20 m
Sitio crítico	0.528	1	10	2%	0,672	1,2	<i>Día. Mínimo</i>		0.80	0.80	2.72	1.08	1.30	Se verifica 1 D 1,20 m

Elaboró: Christian Torres.

En conclusión, al momento el proyecto no presenta alcantarillas, con las secciones mínimas establecidas por el Ministerio de Obras Publicas, 1.20 metros como mínimo.

De los cálculos realizados se han obtenido diámetros por debajo del mínimo, pero se adoptó por 1.20 metros para secciones circulares, y para secciones rectangulares se impuso una base de 1.20 metros para luego calcular su altura necesaria, dado que esta altura es baja, se asumió una altura de 0.60 metros. con el cual se facilita la evacuación de las aguas.

TABLA 42: UBICACIÓN DE ALCANTARILLAS

UBICACIÓN DE ALCANTARILLAS						
Nº	LONGITUD(m)	GRADIENTE	ABSCISA	ELEVACIÓN	DIÁMETRO(m)	OBSERVACIÓN
1	8.00	2%	1 + 650.33	3230,00	1,20	Nueva
2	8.00	2%	0+740.00	3240,00	1,20	Nueva

Elaboró: Christian Torres.

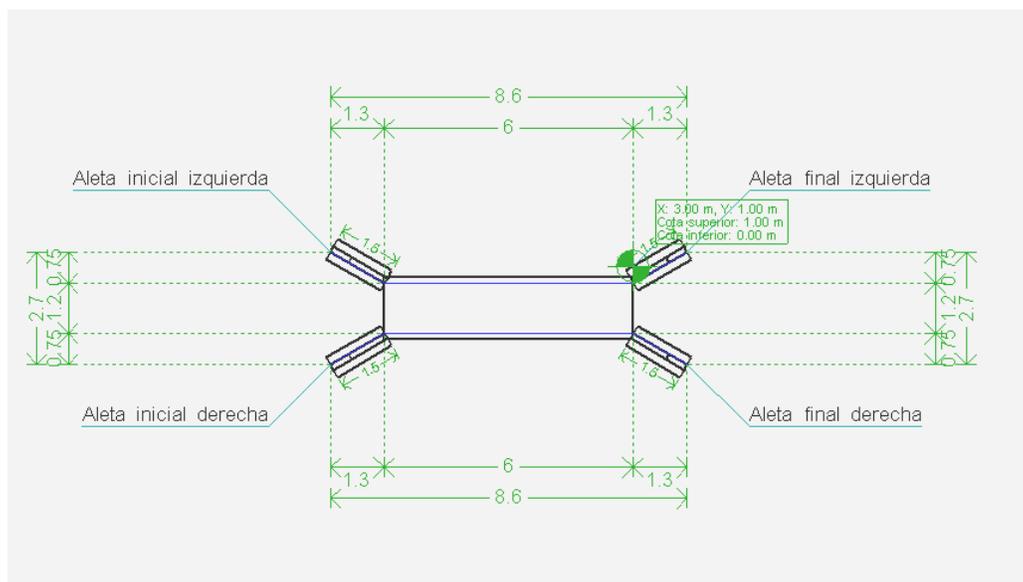


GRÁFICO 46: MODELO ALCANTARILLA TIPO CAJÓN VISTA EN PLANTA

Elaboró: Christian Torres.

K. CUNETETA TRIANGULAR

La sección de las cunetas triangulares debe tener suficiente capacidad de desalojo, debido a que resulta muy costoso cambiar la sección, con el objetivo de ajustar a las condiciones de cada punto a lo largo del proyecto. Generalmente se utiliza este tipo de cunetas en carreteras donde existen cortes de talud.

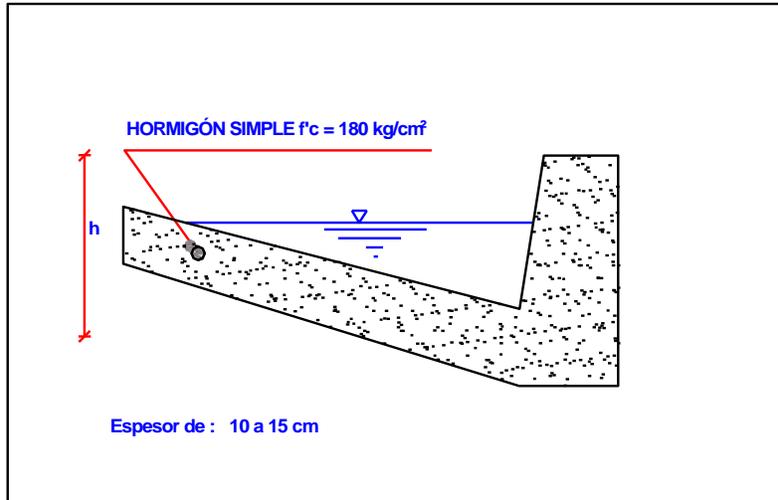


GRÁFICO 47: CUNETA TRIANGULAR

Elaboró: Christian Torres.

L. CUNETA RECTANGULAR

Las cunetas con forma rectangular tienen una mayor capacidad de desalojo para una profundidad específica, las mismas que son utilizadas por lo general en tramos de la carretera donde existe relleno.

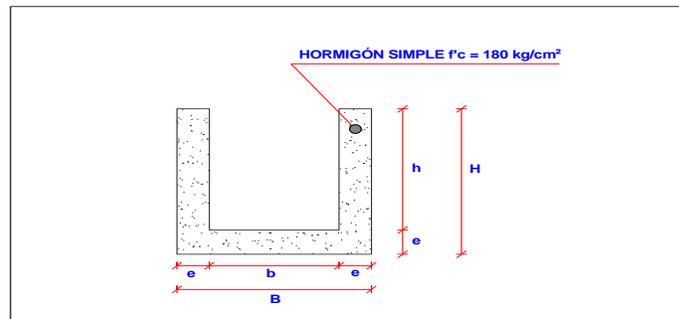


GRÁFICO 48: CUNETA RECTANGULAR

Elaboró: Christian Torres.

M. DISEÑO DE CUNETAS

Para realizar del diseño de cunetas, ya sean estas cunetas laterales de camino, de coronación, alcantarillas que se llenan parcialmente; pues están basados en el principio fundamental de la *Mecánica de Fluidos para canales abiertos*. Estas relaciones básicas tomadas del “Manual de Diseño de Carreteras” del Ministerio de Obras Públicas, se expresan mediante la fórmula de Manning que se describe a continuación.

Ecuación de velocidad:

$$V = (1/n) * (R)^{2/3} * (S)^{1/2}$$

Ecuación de caudal:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q = Descarga o caudal de diseño en m³/s.

V = Velocidad promedio en m/s.

A = Área de la sección transversal del flujo en m².

S = Pendiente longitudinal del canal en m/m.

n = Coeficiente de aspereza de Manning.

R = Radio hidráulico en m.

R = Área de la sección mojada (m²) / Perímetro mojado (m)

Para su diseño se utilizará el método racional, y con las dos ecuaciones antes descritas servirá para poder determinar los caudales correctos.

Ecuación del Método Racional:

$$Q = C * I * A / 360$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s.

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de precipitación pluvial en mm/h.

A = Área de aportación en ha. (1 ha equivale a 10000m²).

N. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL TOTAL A EVACUAR

Para conocer este caudal debemos conocer las zonas que aportan a la cuneta, básicamente son dos, la correspondiente al talud y a la calzada.

Entonces:

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

Q_t = Caudal total a ser evacuado, m^3/s .

Q_1 = Caudal aportado por el semiancho de la vía, m^3/s .

Q_2 = Caudal aportado por el talud de corte, m^3/s .

Para la obtención de caudales se utilizó el método racional con un coeficiente de escorrentía " C_1 " equivalente a **0.60** para un suelo arcilloso, bosques o vegetación abundante, " C_2 " de **0.90** para superficies de pavimento de hormigón asfáltico de la calzada y una intensidad horaria " I " de **53.60 mm/hora** correspondiente a un periodo de retorno de **10 años** y una duración de aguacero de **10 minutos**.

Las distancias tomadas en cuenta para calcular en área de aporte para las cunetas son las siguientes: aporte para el talud de corte se ha estimado para una altura promedio de **12 m** y la correspondiente al semiancho de la vía equivalente a una longitud de **3 m**, de acuerdo a la sección típica adoptada para la carretera clase IV en terreno llano.

Desarrollando la primera ecuación se obtiene lo siguiente:

$$Q = [(C_1 * A_1 + C_2 * A_2) * I * L * 10^{-6}] / 3.60$$

Reemplazando los datos anteriores se obtiene:

$$Q = [(0.90 * 3 + 0.60 * 12) * 53.60 * L * 10^{-6}] / 3.60$$

$$Q = 1.474 \times 10^{-4} L \text{ (Caudal de diseño)}$$

Esta última magnitud se compara con la capacidad hidráulica de la cuneta propuesta, resultando dos ecuaciones que expresan la longitud y velocidad de la cuneta lateral en corte en dependencia de su gradiente longitudinal, es decir.

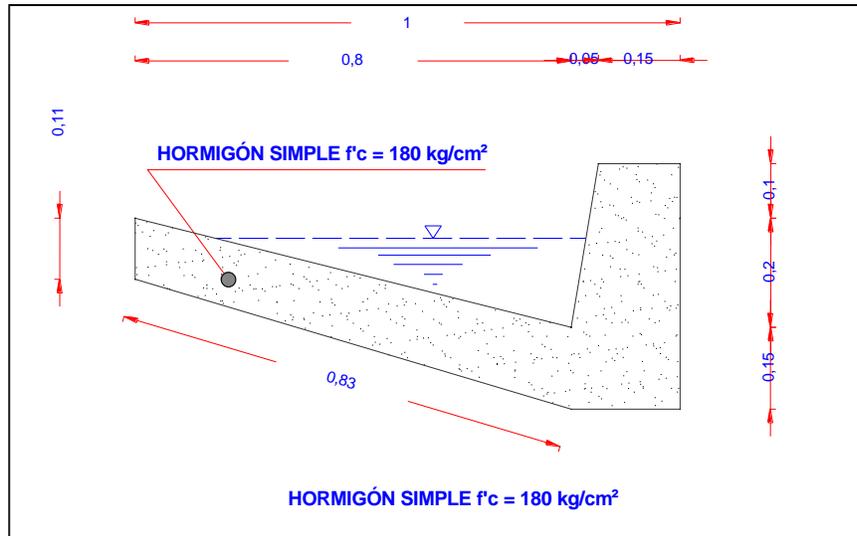


GRÁFICO 49: SECCIÓN TRANSVERSAL DE CUNETAS LATERAL EN CORTE
Elaboro: Christian Torres.

De donde:

$A = 0.1350 \text{ m}^2$ Área de sección mojada.

$P = 1.09 \text{ m}$ Perímetro mojado.

$R = 0.124 \text{ m}$ Radio hidráulico.

$n = 0.014$ Para pavimento de hormigón asfáltico.

Reemplazando:

$$V = (1/n) * (R)^{2/3} * (S)^{1/2}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = [(1/n) * (R)^{2/3} * (S)^{1/2}] * A$$

$$Q = [(1/0.014) * (0.124)^{2/3} * (S)^{1/2}] * 0.1350$$

$$Q = 2.398(S)^{1/2} \text{ (Caudal de canal)}$$

Ecuación que al ser comparada con la anterior resulta:

Igualando:

$$(Caudal\ de\ diseño) = (Caudal\ de\ canal)$$

$$1.474 \times 10^{-4} L = 2.398(S)^{1/2}$$

$$L = 16268.657 * (S)^{1/2}$$

Y reemplazamos en la siguiente ecuación de Manning obtenemos:

$$Q = V * A$$

$$V = Q/A$$

$$V = 2.398 * (S)^{1/2} / 0.1350 \text{ m}^2$$

$$V = 17.763 * (S)^{1/2}$$

$$Q = 17.763 * (S)^{1/2} * A = 17.763 * (S)^{1/2} * 0.1350 = 2.398 * (S)^{1/2} \text{ m}^3/\text{s}.$$

El proceso de cálculo se detalla a continuación:

TABLA 43: CALCULO DE CAPACIDAD CUNETA LATERAL

CALCULO DE CAPACIDAD CUNETA LATERAL			
DATOS			
C1=	0,60	n=	0,014
C2=	0,90	A=	0,135
A1=	3,00	P=	1,090
A2=	12,00	R=	0,124
I =	53,60		
Q=	2,398	*(S) ^{1/2}	
L=	16268,66	*(S) ^{1/2}	
V=	17,76	*(S) ^{1/2}	

Elaboró: Christian Torres.

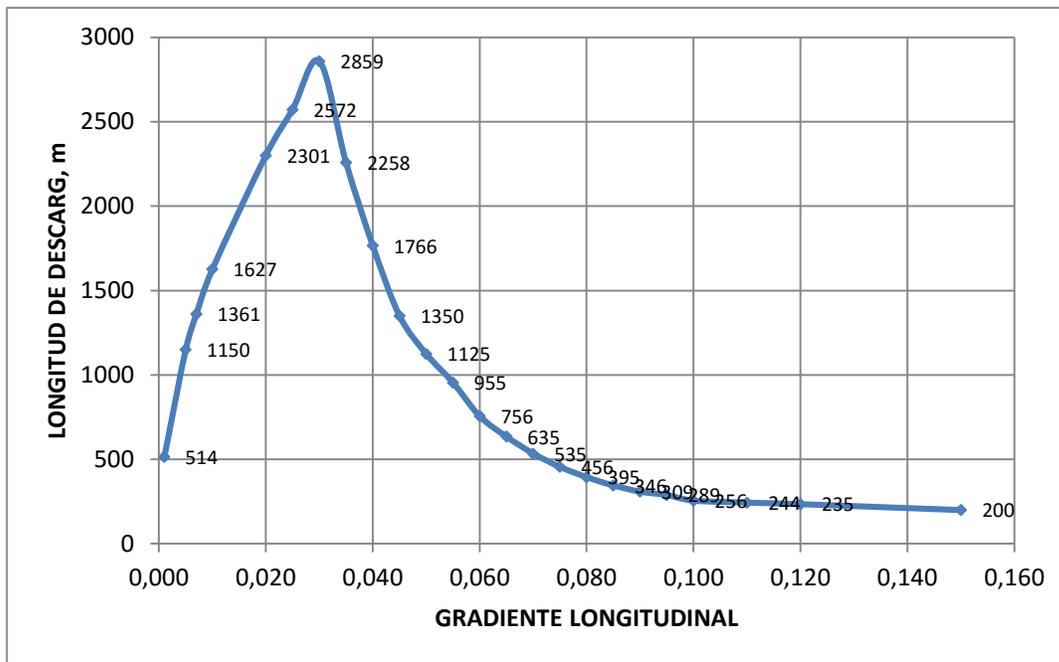


GRÁFICO 50: LONGITUD MÁXIMA DE DESCARGA CUNETA LATERAL

Elaboró: Christian Torres.

O. VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CUNETA LATERAL

Cálculos:

Área efectiva de la cuneta:

$$A_e = (0.30 \cdot 0.30) / 2 + (0.30 \cdot 0.60) / 2$$

$$A_e = 0.1350 \text{ m}^2$$

Perímetro mojado:

$$P = (0.30^2 + 0.30^2)^{1/2} + (0.30^2 + 0.60^2)^{1/2}$$

$$P = 1.09 \text{ m}$$

Radio hidráulico:

$$R = A_e / P$$

$$R = 0.1350 / 1.09$$

$$R = 0.124 \text{ m}$$

Ecuación de Manning:

$n = 0.014$ Para pavimento de hormigón asfáltico.

$$S = 0.08$$

$$V = (1/n)^{2/3} \cdot R^{2/3} \cdot (S)^{1/2}$$

$$V = (1/0.014)^{2/3} \cdot (0.124)^{2/3} \cdot (0.08)^{1/2}$$

$$V = 5.024 \text{ m/s}$$

Con la ecuación de continuidad:

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = 5.024 \cdot 0.1350$$

$$Q = 0.678 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Admisible)}$$

Con el Método Racional reemplazamos los siguientes valores:

$$C1 = 0.60$$

$$C2 = 0.90$$

$$A1 = 3 \text{ m} \times L$$

$$A2 = 12 \text{ m} \times L$$

$$I = 53.60$$

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

$$Q = [(0.60 \cdot 53.60 \cdot 0.30) / 360] + [(0.90 \cdot 53.60 \cdot 1.20) / 360]$$

$$Q = 0.188 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Solicitante)}$$

$$\text{Velocidad Real} = Q/A$$

$$\text{Velocidad Real} = (0.188 \text{ m}^3/\text{s}) / (0.1350 \text{ m}^2) = 1.39 \text{ m/s}$$

$$V \text{ admitida} = 5.024 \text{ m/s}$$

Se cumple: $V \text{ Real} < V \text{ Admitida} \dots \dots Q \text{ sol} < Q \text{ Adm} \dots \dots OK$

P. SEÑALES HORIZONTALES

Línea Amarilla:

Indica generalmente el eje central de la vía y su doble sentido de circulación



Sencilla y continua
No se puede adelantar



Doble y continua
Ningún sentido se puede adelantar



Doble y a trazos
Ambos sentidos pueden adelantar

Línea Blanca:

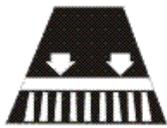
Determina los carriles de una vía, de un solo sentido de circulación.



Sencilla y a trazos
Se puede adelantar



Doble y combinada
Adelanta quien va al lado de la línea de trazos



Cebra o zona peatonal define el cruce de peatones
Línea de pare
Indica el sitio donde se debe detener



De borde
Separa la calzada de la berma



Flechas muestra la dirección que debe seguir



De carril
Separa cada fila de vehículos



Paso a nivel
Indica el cruce con ferrocarril

FUENTE: MOP.

Doble Línea Amarilla



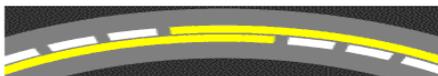
Indican división de carriles opuestos de circulación, no se puede circular sobre ellas, ni transponerlas.

Lineas Blancas Longitudinales Continuas y Discontinuas



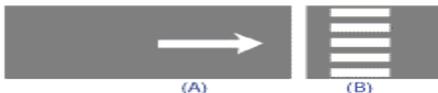
Indica la división de carriles de un mismo sentido de circulación, permite cambiar de carril del lado de la línea discontinua y prohíbe el cambio de carril la línea discontinua.

Demarcación de Curvas



Sólo puede transponerla quien circule por el lado de la línea discontinua, siendo las dos continuas no se puede transoiner de ningún lado.

Línea de frenado (A) y Senda Peatonal (B)



(A) Indica la presencia de zona peatonal o cruce de peatones, no deben ser sobrepasadas en el momento de encenderse la luz roja hasta la aparición de la luz verde.
(B) Zona reservada para cruce de peatones, de no estar pintada se tomará como referencia la continuación longitudinal de las aceras.

Línea Blanca Longitudinal Continua



Indica la división de carriles de un mismo sentido de circulación, prohibiendo transponerla o circular sobre ella.

Línea Blanca Longitudinal Discontinua



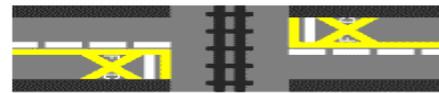
Indica la división de carriles de un mismo sentido de circulación, habilitando el cambio de carril.

Lineas Oblicuas (isletas)



Anticipan la presencia de obstáculos, o espacios físicos, canalizando las corrientes circulatorias. Está prohibido circular sobre ellas.

Cruce Ferroviario



Demarcación complementaria de los indicadores verticales que destacan la presencia de una vía ferroviaria.



Sucesión de flechas separadas a 40mts. una de la otra.
-Viendo una flecha, circular a 40Km/h.
-Viendo dos flechas, circular a 60Km/h.

SEÑALES REGLAMENTARIAS



CEDA EL PASO

Indica a los conductores que la enfrentan que deben "ceder el paso" a los vehículos que circulan por la calle a la cual se aproximan. No es necesario detenerse, si es que existe el espacio y tiempo suficiente para cruzar.



PARE

Su propósito es ordenar al conductor que detenga completamente su vehículo y sólo avanzar cuando elimine totalmente la posibilidad de accidente. El hecho de no respetarla puede provocar un gravísimo accidente.



PARE NIÑOS

Esta señal obliga al conductor a detener totalmente su vehículo en el lugar donde se encuentra para permitir el paso seguro de escolares. Esta señal es portátil y debe ser usada por personal instruido por Carabineros de Chile.



NO ENTRAR

Esta señal prohíbe la continuación del movimiento directo de los vehículos que la enfrentan, es decir, no pueden pasar más allá del lugar en que la señal se encuentra instalada.



NO VIRAR A LA IZQUIERDA

Se emplea para indicar al conductor que no podrá virar a la izquierda en el punto donde se encuentra la señal.



NO VIRAR A LA DERECHA

Se emplea para indicar al conductor que no podrá virar a la derecha en el punto donde se encuentra la señal.



NO VIRAR EN U

Se usa para indicar al conductor que no puede virar en 180 grados. Al hacerlo interrumpe la circulación de otros vehículos y constituye un factor de riesgo.



NO ADELANTAR

Es utilizada para indicar la prohibición de adelantar a un vehículo, debido a que no se cumplen las condiciones de seguridad para efectuar la maniobra.



NO CAMBIAR PISTA

Es utilizada para indicar al conductor que no podrá cambiar de pista por la cual va circulando.



PROHIBIDA CIRCULACIÓN VEHÍCULOS DE CARGA

Se usa para indicar la prohibición de vehículos de carga o de cierto tonelaje. Es recomendable limitar en ciertas vías la entrada sólo en las horas de mayor congestión.



PROHIBIDA CIRCULACIÓN VEHÍCULOS MOTORIZADOS

Se utiliza para indicar la prohibición de circulación de vehículos motorizados. Su uso se restringe a áreas peatonales y a vías para vehículos de tracción animal y/o bicicletas.



PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE BUSES

Esta señal indica la prohibición de circulación de buses.



PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE BICICLETAS

Esta señal indica la prohibición para circular en bicicleta. Como por ejemplo en autopistas, autovías y túneles.



PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE MOTOCICLETAS

Esta señal indica la prohibición de circulación de motocicletas o similares.



PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

Se utiliza para prohibir la circulación de maquinaria agrícola, como tractores, trilladoras, etc. por determinadas vías como por ejemplo: autopistas, autovías, túneles y puentes largos. Su circulación crea riesgos de accidentes.



PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN ANIMAL

Esta señal es empleada para indicar que está prohibida la circulación de toda clase de vehículos de tracción animal. Ejemplo: carretelas. Generalmente se utiliza en vías principales y en grandes ciudades.



PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE CARROS DE MANO

Esta señal prohíbe la circulación de toda clase de vehículos a tracción humana. Por ejemplo en autopistas, autovías, túneles, puentes largos y en las principales calles y avenidas de ciudades grandes.



SILENCIO

Se utiliza para prohibir el uso de aparatos sonoros o la generación de altos niveles de ruidos por medio de aceleraciones bruscas. Se instala en zonas de hospitales, bibliotecas y recintos en los que por el tipo de actividades que en ellos se desarrollan así lo aconsejan.



PROHIBIDO ESTACIONAR

Se usa para indicar la prohibición de estacionar a partir de donde se encuentra la señal, ya que al hacerlo puede interrumpir la circulación de los demás vehículos.



PROHIBIDO ESTACIONAR Y DETENERSE

Se usa para indicar la prohibición de estacionar y/o detener un vehículo, a partir del lugar donde ella se encuentra. Al hacerlo se interrumpe la libre circulación de los demás vehículos.



NO PEATONES

Se emplea para prohibir la circulación de peatones. Generalmente se utiliza en zonas rurales, donde exista alto flujo vehicular.



NO BLOQUEAR CRUCE

Indica la prohibición a los conductores de quedar detenido dentro de un cruce por cualquier razón, de manera de no interrumpir la circulación de los demás vehículos.



VELOCIDAD MÁXIMA

Se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida a la que los vehículos pueden circular en un tramo de vía determinado.



VELOCIDAD MÍNIMA

Se usa para reglamentar la velocidad mínima permitida a la que los vehículos pueden circular en un tramo de vía determinado.



CIRCULACIÓN EN AMBOS SENTIDOS

Es utilizada para indicar a los conductores de vehículos que están circulando por una vía de un sentido que a partir de esta señal, la vía se transforma en una arteria de dos sentidos de tránsito.



PESO MÁXIMO PERMITIDO

Se emplea para restringir la circulación de vehículos cuyo peso total, en toneladas, supere el indicado en ella.



PESO MÁXIMO POR EJE

Se utiliza para indicar el peso máximo permitido por eje, en toneladas. Se utiliza generalmente en caminos, puentes y otras obras de arte civil que requieran tal limitación.



ALTURA MÁXIMA

Se utiliza para indicar la altura máxima que permite un túnel, puente, paso a desnivel u otros obstáculos.



ANCHO MÁXIMO

Se usa para señalar el ancho máximo que permite un puente, túnel y caminos o calles que no soportan anchos mayores.



LARGO MÁXIMO

Se usa para regular la circulación de vehículos de un largo superior al indicado.



FIN PROHIBICIÓN O RESTRICCIÓN

Indica a los conductores el término de una prohibición o restricción previamente establecida.



TRÁNSITO EN UN SENTIDO

Es usada para indicar el sentido del tránsito en una vía. Generalmente esta unida a otra señal que informa el nombre y numeración de la calle o vía.



TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDO

Se utiliza para indicar dos sentidos de tránsito en una calle o



vía. Puede estar unida lateralmente a otra placa que informe el nombre y numeración de la calle o vía.



MANTENGA SU DERECHA

Se instala para indicar a los conductores que deben circular por la derecha, para dejar libre las pistas de la izquierda y facilitar así la circulación de los demás vehículos.



DIRECCIÓN OBLIGADA

Es utilizada para señalar a los conductores de vehículos la obligación de circular en la dirección y sentido indicado por la flecha. Hacia arriba indica la obligación de continuar de frente.



PREFERENCIA AL SENTIDO CONTRARIO

Se usa para indicar a los conductores que los vehículos que circulan en sentido opuesto tienen prioridad. Por ejemplo: en puentes estrechos, angostamiento de calzadas, etc.



TRÁNSITO DE PEATONES

Es usada para informar a los peatones que deben caminar enfrentando el tránsito vehicular. Su empleo en zonas urbanas no es recomendable.



PASO OBLIGADO A LA DERECHA

Es utilizada para indicar a los conductores que deben continuar circulando por el lado de la calzada que indica la punta de la flecha.



PASO OBLIGADO A LA IZQUIERDA

Es utilizada para indicar a los conductores que deben continuar circulando por el lado de la calzada que indica la punta de la flecha.



PASO VÉRTICE

Es utilizada para indicar la existencia de un vértice de separación de flujos que circulan en un mismo sentido.



CONTROL

Es utilizada para indicar la existencia de un punto de control de cualquier naturaleza, donde el vehículo debe detenerse. Ejemplo: Aduana, Fitosanitario, Carabineros, etc.



USO OBLIGATORIO DE CADENAS

Es utilizada para indicar a los conductores que a partir de esa señal es obligatorio el uso de cadenas adecuadas para los neumáticos del vehículo.



SOLO BICICLETAS

Es utilizada para indicar la existencia de una pista o vía exclusiva para bicicletas.



SOLO MOTOCICLETAS

Esta señal tiene aplicación netamente urbana y se usa para indicar que una pista o vía es exclusiva para la circulación de motocicletas.



SUPERFICIE SEGREGADA PEATONES-BICICLOS

Es utilizada para indicar a los peatones la existencia de una vía exclusiva para bicicletas y que deben caminar por el costado de ésta, enfrentando la circulación de bicis.



VÍA SEGREGADA BUSES

Es utilizada para indicar la existencia de una pista o vía exclusiva para buses.



ESTACIONAMIENTO PERMITIDO

Se utiliza para indicar a los conductores la existencia de un lugar autorizado para estacionar vehículos.



PERMITIDO VIRAR DERECHA CON LUZ ROJA

Se emplea para indicar a los conductores que accedan a una intersección controlada por semáforos, que está permitido el viraje hacia la derecha con luz roja.

Q. SEÑALES PREVENTIVAS



CURVA A LA DERECHA

Se utiliza para advertir la proximidad de una curva cuya velocidad de diseño es menor que la velocidad máxima o de operación del resto de la vía.



CURVA CERRADA A LA DERECHA

Se utiliza para advertir la proximidad de una curva, cuya velocidad es menor a 50 Km/Hr., lo que obliga a los conductores a poner más atención y disminuir la velocidad.



ZONA DE CURVAS A LA DERECHA

Estas señales se usan para advertir la proximidad de una zona con tres o más curvas consecutivas de sentidos opuestos y cuya velocidad de diseño es menor que la velocidad máxima o de operación de la vía.



CURVA Y CONTRACURVA A LA DERECHA

Estas señales se usan para advertir la proximidad de dos curvas consecutivas y en sentido contrario y cuya velocidad de diseño es menor que la velocidad máxima o de operación de la vía.



CURVA Y CONTRACURVA CERRADA A LA DERECHA

Es utilizada para advertir la proximidad de dos curvas consecutivas y en sentido contrario, cuando al menos una de ellas es cerrada.



PENDIENTE FUERTE DE BAJADA

Es utilizada para prevenir de una pendiente de bajada. Esta señal puede estar complementada con una placa que contenga el porcentaje de dicha pendiente, expresado en números enteros.



PENDIENTE FUERTE DE SUBIDA

Es usada para prevenir de una pendiente de subida. Esta señal puede estar unida con una placa que contenga el porcentaje de dicha pendiente, expresado en números enteros.



RESALTO

Se utiliza para advertir la proximidad de un resalto o de un reductor de velocidad en la superficie de la calzada.



RESALTOS SUCESIVOS

Esta señal se emplea para advertir la proximidad de una secuencia de resaltos en la superficie de la calzada.



BADEN

Se utiliza para advertir a los conductores de la proximidad de una irregularidad física de tipo cóncavo en la superficie de la vía, la cual puede representar riesgos para la conducción lo que obliga a tomar precauciones.



ANGOSTAMIENTO A AMBOS LADOS

Se usa para prevenir la proximidad de un estrechamiento de la vía a ambos lados.



ANGOSTAMIENTO A LA DERECHA

Se usa para señalar la proximidad de un estrechamiento de la vía al costado derecho de la calzada.



PUENTE ANGOSTO

Se utiliza para advertir la proximidad de un puente cuyo ancho total disponible es menor que el que tiene el resto de la vía.



ENSANCHAMIENTO A AMBOS LADOS

Se utiliza para advertir al conductor de un ensanche de la calzada a ambos lados.



ENSANCHAMIENTO A LA DERECHA

Se utiliza para advertir al conductor de un ensanche de la calzada al costado derecho.



PESO MÁXIMO

Se utiliza para advertir que más adelante en la vía existe un puente, viaducto u otra estructura en la que sólo se permite la circulación de vehículos cuyo peso total no exceda de "X" toneladas.



ALTURA MÁXIMA

Se utiliza para advertir que más adelante en la vía existe una restricción de altura en un túnel, puente, paso a desnivel, u otros.



LARGO MÁXIMO

Se utiliza para advertir que más adelante en la vía, los anchos de ésta y/o sus radios de curvatura, impiden la circulación con seguridad de vehículos cuyo largo es superior a "X" metros.



CRUCE FERROVIARIO A NIVEL SIN BARRERAS

Es utilizada para alertar a los conductores de la proximidad de un

cruce de trenes a nivel, el cual no posee barreras.



CRUCE FERROVIARIO A NIVEL CON BARRERAS

Se utiliza para advertir la proximidad de un cruce ferroviario a nivel, provisto de barreras accionadas manualmente o en forma automática.



CRUZ DE SAN ANDRÉS

Se utiliza como señal complementaria a la señal de cruce ferroviario, se instala lo más cerca posible de la vía férrea.



PROXIMIDAD ROTONDA

Está instalada para avisar al conductor de la proximidad de una rotonda, por lo cual debe reducir la velocidad y ceder el paso antes de ingresar a la misma.



CRUCES, BIFURCACIONES Y CONVERGENCIAS

Sirve para indicar la proximidad de una calle que cruza en forma perpendicular la vía por la cual un conductor transita, de tal forma de disminuir la velocidad, estando atento para evitar algún accidente.



CRUCE EN "T"

Es utilizada para advertir a los conductores la proximidad de un cruce en "T". En el ejemplo, se muestran flujos equivalentes.



EMPALME LATERAL

Es utilizada para advertir la proximidad de una intersección perpendicular con una vía, ya sea de mayor o menor importancia.



DOS SENTIDOS DE TRÁNSITO

Es usada para indicar a los conductores que se encuentran circulando por una vía de un sentido, que más adelante el tránsito

será de dos sentidos.



CICLISTAS EN LA VÍA

Se utiliza para advertir la probable presencia de ciclistas en la vía.



MAQUINARIA AGRÍCOLA

Es usada para advertir, la probable presencia en la vía de maquinaria agrícola, cuya lenta circulación o dimensiones puede ser motivo de peligro.



R. SEÑALES INFORMATIVAS

SEÑALES DE SERVICIO

Existe una familia de señales cuya función es informar a los usuarios respecto de servicios, tales como teléfono, correos, hotel, restaurante, primeros auxilios, entre otros, que se encuentran próximos a la vía. Estas señales son cuadradas, de fondo azul en autopistas y autovías y verde en vías convencionales; su símbolo es blanco. Cuando se requiere inscribir una leyenda, ésta es blanca y la señal, rectangular. Pueden colocarse al inicio de la salida que conduce a la instalación, en cuyo caso pueden llevar una flecha de color blanco apuntando en la dirección de la salida. Estas señales pueden mostrarse agrupadas en placas paneles de señalización, en la proximidad de una localidad o ciudad, manteniendo siempre cada señal individual sus dimensiones mínimas.



**PRIMEROS
AUXILIOS**



TELÉFONO



CORREO



**SERVICIOS
HIGIÉNICOS**



HOSPEDAJE



**OFICINA DE
INFORMACIONES**



**ESTACIÓN DE
SERVICIO**



MECÁNICA



ALIMENTACIÓN



REFUGIO



S. SEÑALES DE ATRACTIVO TURÍSTICO

Estas señales se usan para informar a los usuarios la existencia de lugares de recreación o de atractivo turístico que se encuentren próximos a la vía. Tales como parque nacional, playas, artesanía y buceo, entre otras. Son cuadradas, de fondo café; su símbolo es blanco. Cuando se requiere inscribir una leyenda, ésta es blanca y la señal, rectangular. Estas señales pueden mostrarse agrupadas en placas paneles de señalización, en la proximidad de una localidad o ciudad, manteniendo siempre cada señal individual sus dimensiones mínimas. Cuando en un mismo panel se inscriban señales de servicio y de información turística, estas últimas pueden tener el color de fondo de las señales de servicio.



	GLACIAR		CAVERNA
	ARQUEOLOGÍA		MONUMENTO HISTÓRICO
	SITIO HISTÓRICO		PUEBLO O ARQUITECTURA INTERESANTE
	MONUMENTO RELIGIOSO		OBRA DE INGENIERÍA
	MUSEO		INVESTIGACIÓN
	CENTRO TECNOLÓGICO		RODEO
	FOLCLORE		ARTESANÍA
	NATACIÓN		BUCEO
	SKI ACUÁTICO		PLAYA
	DEPORTES NÁUTICOS		DEPORTES EN GENERAL
	EXCURSIÓN		ESCALAMIENTO



SKI



EQUITACIÓN



PESCA



CAZA



**JUEGOS
INFANTILES**



TERMAS



PICNIC



CAMPING



**PASEO
NÁUTICO**



TRANQUE



CASINO



FOTOGRAFÍA



**GASTRONOMÍA
TÍPICA**



MINA

T. SEÑALES TRANSITORIAS



FUENTE: MOP.



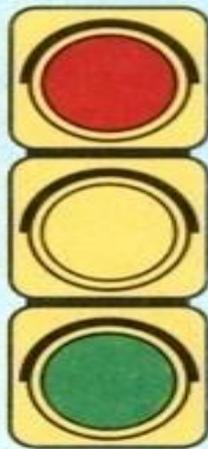
FUENTE: MOP.

U. SEÑALES VIALES PREVENTIVAS O DE ADVERTENCIA

Tienen por objeto advertir al usuario de la vía la existencia de un peligro y/o situaciones imprevistas de carácter permanente o temporal, indicándole su naturaleza.



V. SEÑALES LUMINOSAS



EL SEMAFORO

Luz roja: obliga a detenerse.



Luz amarilla: se debe detener y esperar.



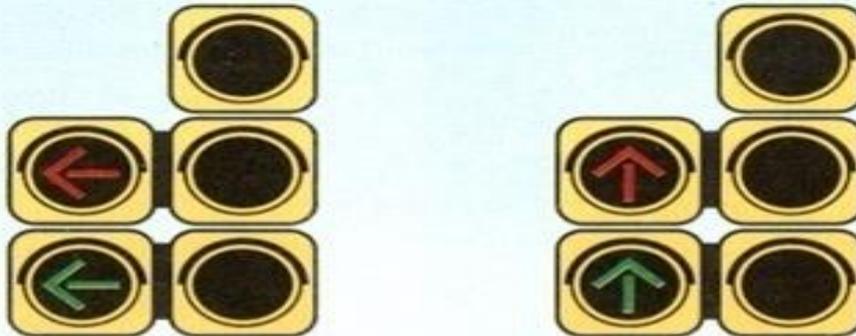
Luz verde: Permite avanzar a quien la vea de frente



SEMAFORO PEATONAL

-La figura peatonal roja o amarilla obliga a detenerse.

-La figura peatonal verde o blanca permite efectuar el cruce de la calzada



SEMAFOROS CON FLECHAS DE GIRO

Prohíbe o permite continuar la marcha de un vehículo según indica la flecha direccional.

XI. MONITOREO Y EVALUACION DE LA PROPUESTA

A. MONITOREO

Para la medición del progreso de los logros de los objetivos de la propuesta se cuentan con varias estancias de tipo legal:

La entidad pública o privada a al cual será la gestora del proyecto tendrá los siguientes procesos:

- Intervención por parte de la dirección técnica a la revisión previa de los documentos sean estos planos, especificaciones o cualquier tipo de documento el mismo que deberá ser presentado un informe sobre la intervención de la misma.

Dicho informe servirá para determinar todas las características que se han adoptado para el diseño geométrico de la carretera los mismos pueden ser modificados o a su vez adoptados.

- Intervención por parte de la dirección económica a la adjudicación de una partida la misma que pueda permitir a adjudicación de la obra; esta entidad se encargara de determinar los gastos de tipo administrativo que se pueden realizar para la adjudicación o construcción.
- Una vez determinando el proceso de construcción la supervisión externa realizará su informe conjuntamente con la entidad contratante sobre el proceso de construcción, cabe recalcar que se deberá determinar la calidad de los materiales y el uso de maquinaria correspondiente.

El monitoreo se realizará mediante el registro de acta establecida por le entidad pública o privada.

B. EVALUACIÓN

La evaluación será realizada por un equipo técnico adecuado, determinado por la entidad pública o privada, para ello se utilizarán los informes.

Los principales indicadores de evaluación serán los siguientes:

- Caracterización del tráfico. (Cualidades y tipos)
- Normas de diseño utilizadas
- Determinación de tipo y orden de la carretera.
- Alineamientos Horizontales y verticales.
- Características Hidrológicas. (Característica y diseño de Cunetas)
- Estudio de los aspectos socio económicos.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- **AGUDELO OSPINA**, John Jairo. Diseño Geométrico de Vías 4ª edición. Edi. Centro de Publicaciones Universidad Eafit. Medellín-Colombia 2005
- **CAMARA DE LA CONSTRUCCIÓN RIOBAMBA**, Manual De La Construcción.
- **CARDENAS GRISALES**, James Ing. Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá: Ecoe ediciones, 2005.
- **COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE PICHINCHA**. Hidrología y Drenaje De Caminos en el Ecuador Quito 1985.
- **ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN**, de caminos y puentes, MTOP-001-F, capítulos 100 y 800.
- **INSTITUTO NACIONAL DE METEREOLÓGÍA E HIDROLOGÍA (INHAMI)**. Anuario meteorológico 1998 Instituto Meteorológico Quito 2000
- **JUAREZ BADILLO**, Ing. En Fundamentos de la Mecánica de Suelos Tomo I, II. México. 1980.
- **LINSLEY**, Kohler y Paulus. Hidráulica para ingenieros. Editorial Mac Graw Hill. 1979
- **PIO CUEVA MORENO**, Proyecto, construcción, mantenimiento y fiscalización de caminos.
- **VEN TE**, Chow. Hidráulica de los canales abiertos. Editorial Diana. México 1982.

XIII. ANEXOS.

- 13.1 Estudio de suelos.**
- 13.2 Conteo Vehicular.**
- 13.3 Presupuesto.**
- 13.4 Planos.**

13.1 Estudio de suelos.

13.2 Conteo Vehicular.

13.3 Presupuesto.

13.4 Planos.