

**Universidad De Oriente  
Núcleo de Anzoátegui  
Extensión Cantaura  
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas  
Departamento de Ingeniería Civil**



**PROPUESTA DE ENLACE VIAL DESDE PUENTE RÍO CLARO  
PROGRESIVA (1+460), HASTA LA U.B.C.P JB-21, PROGRESIVA  
(3+225), EN EL ÁREA OPERACIONAL DE PDVSA,  
MUNICIPIO MONAGAS ESTADO ANZOÁTEGUI**

Realizado por

**Velásquez C. Gabriel J.**

**Gómez P. Royert A.**

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como  
Requisito para optar al Título de:

**Ingeniero Civil**

Cantaura, Diciembre de 2016

**Universidad De Oriente  
Núcleo de Anzoátegui  
Extensión Cantaura  
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas  
Departamento de Ingeniería Civil**



**PROPUESTA DE ENLACE VIAL DESDE PUENTE RÍO CLARO  
PROGRESIVA (1+460), HASTA LA U.B.C.P JB-21, PROGRESIVA  
(3+225), EN EL ÁREA OPERACIONAL DE PDVSA,  
MUNICIPIO MONAGAS ESTADO ANZOÁTEGUI**

Realizado por

**Velásquez C. Gabriel J.**

**Gómez P. Royert A.**

---

---

Asesor

---

**Cabrera, Daniel**

Cantaura, Diciembre de 2016

Universidad De Oriente  
Núcleo de Anzoátegui  
Extensión Cantaura  
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas  
Departamento de Ingeniería Civil



**PROPUESTA DE ENLACE VIAL DESDE PUENTE RÍO CLARO  
PROGRESIVA (1+460), HASTA LA U.B.C.P JB-21, PROGRESIVA  
(3+225), EN EL ÁREA OPERACIONAL DE PDVSA,  
MUNICIPIO MONAGAS ESTADO ANZOÁTEGUI**

JURADO CALIFICADOR

El Jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

**APROBADO**

---

**Cabrera, Daniel**

Asesor Académico

---

**Martínez, Jhonatan**  
Jurado Principal

---

**González, Anabel**  
Jurado Principal

Cantaura, Diciembre de 2016

## RESOLUCIÓN

*De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado de la universidad de oriente.*

*“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario, para su autorización”.*



## DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Silvia Centeno y Ramón Velásquez, que con su esfuerzo y sudor están escritas las siglas de Ing. antes de mi nombre.

***Gabriel J. Velásquez C.***

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente a dios y a la Virgen del Valle por siempre acompañarme durante esta larga carrera, por siempre protegerme y mantenerme en el camino del bien, enviando siempre a las personas correctas a mi vida.

A mis padres y mi hermano Jesús Velásquez por siempre apoyarme y darme todo lo necesario para poder estudiar lo que yo realmente quería.

A mi abuela por siempre mantener ese apoyo y esa ayuda incondicional cada vez que la necesitaba.

A mi tío negro por siempre estar pendiente de mis estudios desde pequeño, sin duda ha sido un gran apoyo, gran parte de este logro también es suyo.

Al profesor, tutor académico y primo, Daniel Cabrera, no solo por enseñarme y prepararme durante la carrera, sino también por la gran ayuda y defensa en los momentos finales de nuestra vida universitaria.

A mi compañero de tesis Royert Gómez por la gran dedicación y compromiso durante años de carrera de estudio y durante la tesis, cuando tocaba estudiar estudiábamos y cuando tocaba rumbear rumbeábamos, y la familia Gómez Palma por ser esa segunda familia durante toda la carrera.

A los profesores y jurado de la tesis, Jhonatan Martínez y Anabel González, realmente fueron de gran enseñanza en las materias más

importantes, y durante el día a día en la UDO, por siempre estar pendiente de nosotros y ayudarnos en todo lo posible.

A mi tía del Valle y mi tío Rafael por la ayuda y el apoyo incondicional que me dieron.

A mi tía Elvira por siempre ayudarme y apoyarme cuando lo necesitaba.

A los grandes amigos Yrama Ostty y Alejandro Marín por siempre estar ahí y ayudarme en todo momento durante todos estos años y por la gran amistad.

A los compañeros de estudio Cruz Media, Carlos Gómez, Leidimar Jaramillo, Francis Estaba, Edgar Lizardo, Manuel Serrano, Eliezer Segnini, Oriana Figueroa, Daniel Figueroa, Jessalys García , Mariangel Pérez, Jorge Missel, por ser los mejores compañeros que una persona puede tener en una larga carrera de estudio, más que amigos una familia UDISTA que nunca se olvidara.

***Gabriel J. Velásquez C.***

## DEDICATORIAS

A Dios bendito todopoderoso y a la Virgen del Valle por iluminarme el camino, cuidarme, darme la salud necesaria, y permitirme lograr una de mis metas.

A mis padres Marilu Palma y Roy Gómez, porque siempre estuvieron presentes para darme los ánimos y el amor necesario para seguir adelante con esta meta, esto es para USTEDES.

A mis hermanos Enderson, Eukaris y Roynnier que de una forma me prestaron su apoyo incondicional cuando más las necesitaba, formando parte de mi vida, espero este trabajo los llene de orgullo y les sirva de ejemplo a futuro, les deseo todo el éxito del mundo.

A mis dos hermosas sobrinas Iarath A. y Arantxa S. que son lo más maravilloso y hermoso que me ha dado Dios, hijitas Dios me las bendiga.

*Mi carrera y ser quien soy se los debo a ustedes, muchas gracias familia, esto es para ustedes*

**Royert A. Gómez P.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Durante estos cinco años de lucha y arduo trabajo, de gratas vivencias, de momentos de éxitos, pero, también de angustias y desesperanza, para poder cumplir mis metas y objetivos, y así poder alcanzar uno de mis más grandes anhelos, culminar mi carrera, gracias al apoyo incondicional de muchos, y los deseos de superarme logre vencer todos y cada uno de los obstáculos que se presentaron durante este tiempo, y es por ello que debo agradecer este triunfo a quienes en todo momento me llenaron con su amor y su apoyo, y por sobre todo me brindaron su amistad.

A mi compañero de tesis Gabriel J Velásquez por haber sido un gran apoyo en esta etapa final, porque fue grato trabajar con él, en este proyecto.

A Silvia Centeno, Ramón Velásquez y su hijo Jesús Velásquez, por abrirme las puertas de su casa y tratarte como otro más de esa familia.

Yanitza Ramírez por brindarme su ayuda incondicional y por estar muy pendiente de mí.

Agradecer por su esfuerzo y dedicación para realizar este trabajo al profesor y tutor de tesis Daniel Cabrera.

Al profesor Jhonatan Martínez por sus conocimientos y sus orientaciones.

También me gustaría agradecer por los consejos recibidos a lo largo de los últimos años a otros profesores Arq. Ramón Loaiza y Urb. Elis Rondón.

A mis amigos y compañeros de estudios que son las personas con las que compartí diariamente Jessalis García, Leidimar Jaramillo, Francis Estaba, Mariangelly Longart, Andreina Batista, Michelle Almeida, Yrama Ostty, Cruz Medina, Edgar Lizardo, Dickson Angulo, Alejandro Marín, Rhonard Guzmán, José A Hidalgo ya que fueron la ayuda más inmediata que se pudo conseguir y por haber recorrido junto a ellos el gran camino hacia el profesionalismo que hoy estamos logrando cada uno.

***Royert A. Gómez P.***

**Universidad De Oriente  
Núcleo de Anzoátegui  
Extensión Cantaura  
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas  
Departamento de Ingeniería Civil**

**Autores: Velásquez, Gabriel.  
Gómez, Royert.**

**Tutor Académico: Cabrera, Daniel**

**Año: 2016**

**PROPUESTA DE ENLACE VIAL DESDE PUENTE RÍO CLARO  
PROGRESIVA (1+460), HASTA LA U.B.C.P JB-21, PROGRESIVA  
(3+225), EN EL ÁREA OPERACIONAL DE PDVSA,  
MUNICIPIO MONAGAS ESTADO ANZOÁTEGUI.**

## **RESUMEN**

La Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías contiene una de las reservas más grande de hidrocarburos en el mundo, divididas en 4 bloques, conocidos como Boyacá, Junín, Carabobo y Ayacucho. El campo Junín, se encuentran en pleno desarrollo las nuevas Unidades Básicas de Construcción de Producción (U.B.C.P), ubicadas cada vez más distantes al Centro de Bombeo Junín (CBJ), y solo cuenta con vías de comunicación provisionales (trochas). Por lo cual se realizó un enlace en la principal vía de acceso, situada entre el puente sobre Río Claro, hasta la U.B.C.P JB-21 contando con un diseño geométrico establecido bajo los criterios del MTC-97 y NORVIAL, mientras que el replanteo de la topografía se realizó con el software CIVILCAD 3D, proyectando los volúmenes del movimiento de tierra y creando una simulación de los caudales provenientes de las cuencas contribuyentes cercanas a la vialidad, para así calcular el caudal de diseño de las cunetas tipo A, establecidas como sistemas de drenajes, bajo los parámetros exigidos por el MOP 1967, igualmente se estableció una calzada de 3,60 m por carril, diseñando las capas de la estructura del pavimento con la metodología ASSHTO-93 para pavimentos flexibles.

Palabras claves: Pavimentos, Cunetas, Calzada, Civil CAD 3D, ASSHTO-93, MOP 1967, MTC 1997.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESOLUCIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA .....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
RESUMEN.....	xi
INDICE DE CONTENIDO .....	xii
INDICE DE TABLAS .....	xvii
INDICE DE FIGURAS.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xx
CAPITULO I.....	23
El problema .....	23
1.1 Planteamiento del problema .....	23
1.2. OBJETIVOS .....	27
1.2.1. Objetivo general .....	27
1.2.2. Objetivos específicos.....	27
1.3. GENERALIDADES .....	28
1.3.1. La Faja Petrolífera del Orinoco .....	28
1.3.2. Zonas o campos en los que se encuentran reagrupadas.....	29
1.3.3. Ubicación geográfica del área de estudio .....	30
1.3.4. Límites del área en estudio: .....	31
1.3.5. Coordenadas de la zona en estudio .....	31
1.3.6. Descripción.....	31
1.3.7. Geología de la zona.....	33
1.3.8. Relieve .....	34
1.3.9. Clima .....	34
CAPITULO II.....	35
MARCO TEÓRICO .....	35
2.1. Antecedentes .....	35

2.2.	Terminología básica .....	37
2.2.1.	Inventario vial .....	37
2.2.1.	Movimiento de tierras .....	38
2.2.2.	Perfil longitudinal .....	38
2.2.3.	Rasante .....	38
2.2.4.	Sección transversal .....	38
2.2.5.	Calzada .....	39
2.2.6.	Pavimento .....	39
2.2.7.	Pavimentos flexibles .....	39
2.2.8.	Drenaje longitudinal .....	39
2.3.	Clasificación de las carreteras: .....	40
2.3.1.	Clasificación administrativa.....	40
2.3.2.	Clasificación Funcional .....	41
2.3.3.	Clasificación según su Geometría .....	41
2.3.4.	Características de las carreteras .....	42
2.4.	Aforos.....	42
2.4.1.	Tránsito Promedio Diario (TPD).....	42
2.4.2.	Factor de hora pico (FHP) .....	43
2.4.3.	Composición del tránsito .....	43
2.4.4.	Vehículos de diseño .....	44
2.4.5.	Dimensiones y radios de giro.....	45
2.4.6.	Velocidad de diseño. ....	47
2.5.	Niveles de servicio.....	48
2.6.	Análisis operacional (volumen de servicio) de una carretera de 2 canales	49
2.7.	Diseño de visibilidad .....	52
2.7.1.	Visibilidad de Frenado .....	52
2.7.2.	Visibilidad de paso.....	52
2.7.3.	Visibilidad de decisión .....	53
2.8.	Peralte.....	54
2.9.	Velocidad de manos libre .....	55
2.10.	Transición del peralte .....	55

2.11.	Radio mínimo para curvas horizontales .....	57
2.12.	Curvas simples .....	58
2.12.1.	Ángulo de deflexión ( $\Delta$ ) .....	58
2.12.2.	Tangente ( $T_c$ ) .....	58
2.12.3.	Flecha de arco ( $F_a$ ) .....	58
2.12.4.	Longitud de la curva ( $L_c$ ) .....	59
2.13.	Curvas verticales .....	59
2.13.1.	Cálculos de las curvas verticales simétricas .....	60
2.13.2.	Longitud mínima de las curvas verticales .....	61
2.13.3.	Visibilidad de frenado en curvas verticales convexas .....	62
2.13.4.	Visibilidad de frenado en las curvas verticales cóncavas .....	63
2.13.5.	Visibilidad de paso en curvas verticales convexas .....	63
2.14.	Pendientes .....	64
2.15.	Sobre ancho en curvas .....	64
2.16.	Diagrama de masas .....	65
2.16.1.	Objetivos del diagrama de masas .....	65
2.16.2.	Línea de compensación: .....	65
2.16.3.	Sentido de movimiento: .....	65
2.16.4.	Acarreo libre: .....	66
2.16.5.	Sobre acarreo: .....	66
2.17.	Método AASHTO-93 para pavimentos flexibles .....	66
2.18.	Método Racional .....	80
2.18.1.	Tiempo mínimo de concentración .....	81
2.18.2.	Periodo de retorno .....	81
2.18.3.	Intensidad de la lluvia .....	82
2.18.4.	Coeficiente de escorrentía .....	83
2.18.5.	Área .....	85
2.19.	Descarga de diseño .....	85
2.20.	Cunetas .....	85
2.20.1.	Caudal ( $Q$ ) de la cuneta .....	86
2.20.2.	Velocidad media de la cuneta .....	87

2.21.	Velocidades máximas recomendadas de salida .....	88
2.21.1.	Recubrimiento de canales .....	89
CAPITULO III.....		90
Marco Metodológico .....		90
3.1.	Tipo de investigación .....	90
3.2.	Nivel de investigación .....	91
3.3.	Técnica a utilizar.....	91
3.3.1.	Técnicas .....	91
3.3.2.	Instrumento .....	92
3.4.	Análisis de los Datos .....	93
CAPITULO IV. ....		94
ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS .....		94
4.1.	DISEÑO GEOMÉTRICO .....	94
4.1.1.	Planificación de la carretera, capacidad y nivel de servicio.....	94
4.1.2.	Tránsito .....	95
4.1.3.	Velocidad.....	101
4.1.4.	Nivel de servicio para diseño .....	101
4.1.5.	Volumen de Servicio.....	101
4.1.6.	Diseño de visibilidad .....	104
4.1.7.	Diseño curvatura y peralte .....	105
4.1.8.	Alineamiento horizontal en curva .....	106
4.1.9.	Diseño alineamiento vertical .....	109
4.2.	PERFILES Y MOVIMIENTO DE TIERRA .....	111
4.2.1.	Perfil longitudinal .....	112
4.2.2.	Secciones transversales.....	112
4.2.3.	Movimiento de tierra .....	113
4.2.4.	Clasificación de recursos disponibles .....	117
4.2.5.	Diagrama de masa .....	117
4.3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE .....	119
4.3.1.	Gasto de diseño de las cuencas hidrográficas contribuyentes por el método racional .....	119

4.3.2.	Gasto de diseño de las áreas de pavimento contribuyentes por el método racional	122
4.3.3.	Caudal (Q) de diseño.....	125
4.3.4.	Selección del sistema de drenaje .....	125
4.3.5.	Velocidad media de la cuneta .....	126
4.3.6.	Cunetas de descargas.....	128
4.4.	DISEÑO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES MÉTODO AASTHO-93 .....	128
4.4.1.	Wt18 = Cargas de ejes equivalentes acumuladas en el periodo de diseño (n)	129
4.4.2.	ZR = Factor de desviación normal .....	131
4.4.3.	So = Desviación estándar del sistema. ....	132
4.4.4.	$\Delta$ PSI: Pérdida de Serviciabilidad .....	132
4.4.5.	Características de la subrasante o fundación. ....	132
4.4.6.	Módulo Resiliente Efectivo (Ponderado) del material de sub bases no tratadas.	136
4.4.7.	Módulo Resiliente Efectivo (Ponderado) del material de bases no tratadas	138
4.4.8.	Coefficientes estructurales de los diversos materiales y mezclas que conforman la estructura del pavimento. ....	140
4.4.9.	SN: Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño....	141
4.4.10.	Características estructurales del Drenaje .....	142
4.4.11.	Espesores mínimos. ....	142
4.5.	PLANOS DE INGENIERIA DE DETALLE .....	143
	CAPITULO V .....	144
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	144
5.1.	Conclusiones .....	144
5.2.	Recomendaciones.....	146
	Bibliografía.....	148
	Anexos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aforo de vehículos .....	97
Tabla 2. Promedio Diario .....	98
Tabla 3. Aforo de 5 minutos .....	100
Tabla 4. Alineamientos horizontales .....	108
Tabla 5. Alineamientos verticales .....	109
Tabla 6. Movimiento de Tierra .....	116
Tabla 7. Diagrama de masas .....	118
Tabla 8. Áreas cuencas contribuyentes .....	121
Tabla 9. Caudal cuencas hidrográficas .....	122
Tabla 10. Caudal de la calzada.....	124
Tabla 11. Gasto de diseño .....	125
Tabla 12. Gasto de diseño cuneta Tipo A .....	127
Tabla 13. Q de descargas.....	128
Tabla 14. Tipos y características de vehículos pesados .....	129
Tabla 15. Cargas por ejes equivalentes .....	131
Tabla 16. Módulo resiliente ponderado de la subrasante.....	135
Tabla 17. Módulo resiliente ponderado sub base .....	137
Tabla 18. Módulo resiliente ponderado de la base.....	139
Tabla 19. Números estructurales .....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución Faja Petrolífera del Orinoco.....	28
Figura 2. Sub-división Distrito Junín Sur. ....	29
Figura 3. Ubicación regional del área en estudio. ....	30
Figura 4. Área de estudio.....	33
Figura 5. Clasificación administrativa de las carreteras.....	40
Figura 6. Clasificación funcional de las carreteras. ....	41
Figura 7. Clasificación según su geometría. ....	41
Figura 8. Condiciones predominantes.....	42
Figura 9. Composición del tránsito.....	44
Figura 10. Vehículos de diseño.....	45
Figura 11. Dimensiones y radios de giro mínimos.....	46
Figura 12. Trayectoria mínima de vehículos WB-12.....	47
Figura 13. Velocidades de diseños normales.....	48
Figura 14. Niveles de Servicio. ....	48
Figura 15. Niveles y volúmenes de servicio en carreteras de canales múltiples.....	49
Figura 16. Distribución Direccional.....	50
Figura 17. Equivalencia de camiones y autobuses ....	51
Figura 18. Factor de ajuste por efecto del ancho de canal y distancias a obstáculos laterales en carreteras de 2 canales. ....	51
Figura 19. Distancia de visibilidad de frenado.....	52
Figura 20. Distancia de visibilidad de paso en carreteras de 2 canales ....	53
Figura 21. Valores normales de peralte ....	54
Figura 22. Valores de fricción ....	55
Figura 23. Transición del peralte.....	56
Figura 24. Rata de transición del peralte, en relación a la velocidad de diseño. ....	56
Figura 25. Relación velocidad-fricción-peralte-radio en carreteras.....	57
Figura 26. Curvas simple. ....	59
Figura 27. Curvas verticales simétricas. ....	60
Figura 28. Longitud mínima de curvas verticales ....	61

Figura 29. Rata de variación mínima en curvas verticales convexas. ....	62
Figura 30. Longitud mínima, en metros, de curvas verticales convexas con visibilidad de paso. ....	63
Figura 31. Pendientes máximas.....	64
Figura 32. Sobre-ancho total del pavimento en curva (m) Carreteras de 2 canales	64
Figura 33. Valores del factor de distribución por sentido.....	68
Figura 34. Niveles recomendados de confiabilidad .....	69
Figura 35. Valores de ZR.....	70
Figura 36. Valores de Desviación Estándar .....	71
Figura 37. Clasificación de la Subrasante .....	72
Figura 38. Distribución de los suelos venezolanos según la condición de humedad. ....	74
Figura 39. Números de meses del suelo en condiciones de saturación, ... humedad cercana a la óptima y seca. ....	74
Figura 40. Abaco daño relativo .....	75
Figura 41. Determinación de valores $\emptyset$ .....	76
Figura 42. Determinación de valores $\emptyset$ .....	77
Figura 43. $a_1$ Para carpeta de concreto asfalto .....	77
Figura 44. Nomograma para resolver la Ecuación AASHTO 93.....	78
Figura 45. Características del drenaje según material base y sub-base.....	79
Figura 46. Humedad regional.....	79
Figura 47. Tiempo de concentración.....	81
Figura 48. Periodo de retorno .....	82
Figura 49. Intensidad de la lluvia .....	82
Figura 50. Coeficiente de escorrentía. ....	83
Figura 51. Permeabilidad del suelo Permeabilidad del suelo .....	84
Figura 52. Cobertura vegetal .....	84
Figura 53. Pendientes del terreno.....	84
Figura 54. Cuneta Tipo A.....	85
Figura 55. Caudal de la cuneta .....	86
Figura 56. Valores de K .....	86
Figura 57. Velocidades máximas recomendadas de salida.....	88
Figura 58. Recomendaciones para el recubrimiento de canales .....	89

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo y la calidad de vida de un país no siempre van en función de su riqueza o pobreza relativa, ya que uno de los principales factores más influyentes son las vías de comunicación con las que cuente, y el mantenimiento que puedan darle. Los países modernos y desarrollados se caracterizan por disponer de sistemas bien organizados y coordinados de vialidad y transporte, al igual, está el caso de naciones con recursos más limitados, que han conseguido mejores resultados a la hora de construir carreteras y vías de comunicación, logrando hacer la vida más fácil a sus ciudadanos y aumentando la productividad de sus empresas, ya que les sirven de apoyo a la economía y a las actividades de toda naturaleza que renuevan su existencia tanto en los ámbitos urbanos como a nivel regional, nacional, o internacional.

En efecto, las infraestructuras viales, deben cumplir con elementos que satisfagan las exigencias del usuario, prestándole diferentes usos y funciones, como son la seguridad, servicios, información, descanso, comunicación, etc. relacionándose de manera armónica con el entorno inmediato, como elemento conformador del paisaje urbano, por tanto, la proyección de sus distintos diseños debe tener una relación con el usuario, respondiendo a las necesidades específicas y de las actividades que desarrollen en la zona.

En los tiempos modernos, el desarrollo de una nación se mide por varios factores que resaltan la calidad de vida, una de ellas son las vías de comunicación y el ordenamiento del tránsito, en Venezuela el principal tipo de transporte es el terrestre y la distribución vial con la que cuenta en primer instancia son las autopistas a las cuales se suma una red de carreteras que

cubren el territorio nacional, comenzando su desarrollo en el siglo XX cuando comenzaron a aparecer caminos y carreteras de tierra, mismas que fueron transformándose en vías pavimentadas y luego en autopistas. A partir de la visión de estuendos profesionales del extinto Ministerio de Obras Públicas (MOP), se diseñó toda una red de vías que con el paso del tiempo llegó a su plenitud a inicio de los años setenta, constituyéndose la nación en un patrón de referencia en América Latina. Con el pasar de los años desde el extinto MOP se consolidó dicha red construyéndose obras de significación como parte de la autopistas a Oriente, Regional del Centro, Centro Occidental a nivel interregional, en las ciudades como Caracas se construyeron la autopista Francisco Fajardo, Del Este, Av. Boyacá, Libertador, Francisco de Miranda, Rómulo Gallegos, Distribuidor El Ciempiés, Metropolitano, El Pulpo, La Araña, entre otras muchas obras.

Bajo este mismo contexto, Venezuela es hoy a nivel mundial la más grande reserva de petróleo extraíble con las tecnologías actuales, contando con grandes recursos naturales con ventajas comparativas, que constituyen una excelente base para el desarrollo económico sustentable y del bienestar social ampliado.

Actualmente, la economía venezolana se rige por el rentismo ocasionado por el petróleo, siendo Venezuela hoy en día a nivel mundial la más grande reserva de petróleo extraíble con las tecnologías actuales, contando con grandes recursos naturales con ventajas comparativas, que constituyen una excelente base para el desarrollo económico sustentable y del bienestar social ampliado, por esta razón, cada carretera es una obra estratégica para el desarrollo de Venezuela, construidas para cierto tránsito en específico, atendiendo los requerimientos de transporte dentro y fuera de los poblados, permitiendo el crecimiento del país, ya que a través de ellos se

movilizan y trasladan tanto personas como bienes y productos de la economía nacional tanto en el turismo, la agropecuaria y la industria petrolera, entre otros, de ahí la importancia de contar una red vial organizada que enlace de tramo a tramo al país.

El siguiente proyecto está estructurado por 5 capítulos:

- Capítulo I: se desarrolla el planteamiento del problema y objetivos de la investigación, en conjunto con las consideraciones generales, donde se describe toda la información referente a la geología, topografía, hidrología y localización geográfica del sitio en estudio.
- Capítulo II: este capítulo contempla el marco teórico del trabajo de grado, donde se desarrollan parte de los conceptos básicos y ecuaciones técnicas más resaltantes utilizadas en el proyecto, así como también se presentan los antecedentes sobre el tema.
- Capítulo III: en este capítulo se reflejan las estrategias metodológicas que se utilizarán, las técnicas de recolección de datos y los instrumentos empleados, finalmente se presenta la descripción de las técnicas y herramientas de procesamiento y análisis de datos.
- Capítulo IV: se plasman los resultados de la investigación, donde se muestran los cálculos y el uso de las ecuaciones de los diferentes criterios de diseños propuestos (geométrico, hidráulico y de pavimento), en cada uno de los objetivos.
- Capítulo V: finalmente en este capítulo, se describen las conclusiones y recomendaciones de la investigación, presentándose en función de los objetivos planteados, junto con una serie de recomendaciones que servirán como guía para futuras vialidades dentro del distrito Junín Sur.

# **CAPÍTULO I.**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

A nivel mundial, las vías de comunicación han ido evolucionando con el pasar del tiempo, siendo estructuradas, caracterizadas de acuerdo a la época, debido a las necesidades del desarrollo regional, agrícola, industrial, comercial, residencial, recreacional y de salud pública. De modo que, el desarrollo de un país o región depende en gran parte de los sistemas de vías con los que cuente, ya que a través de éstos, se realiza la comunicación entre las zonas rurales y los sectores industrializados, convirtiéndose en el medio físico de interconexión entre localidades y regiones, siendo un tema de atención tanto para la empresa pública como para la privada.

Cabe destacar que en Venezuela, la faja petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías, constituye una de las fuentes de hidrocarburos más grandes del mundo, siendo la estructura socio-económica del país durante muchos años, bajo el cual depende su desarrollo, sostenida por la producción petrolera.

En este contexto, Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA) - Distrito Junín Sur (Bloque10), localizado dentro de la División Junín, en una de las 11 subdivisiones, en que se encuentra fraccionada esta área de la Faja Petrolífera del Orinoco, ha generado la necesidad de desarrollar proyectos de ingeniería para la construcción de plataformas y vías, vitales para cumplir con la producción establecida en los compromisos con la nación y los planes de desarrollo social del país.

Debido a la expansión campo Junín Sur, están en pleno desarrollo las nuevas Unidades Básicas de Construcción de Producción (U.B.C.P),

ubicadas cada vez más distantes al Centro de Bombeo Junín (CBJ), originando así vías de comunicación provisionales, construidas en su mayoría con material de préstamo cercanos a la vialidad con el fin de garantizar el flujo de vehículos, maquinarias y equipos entre las macollas del Distrito.

Ante la problemática detectada surge la necesidad de proponer una vía operacional que garantice la seguridad, comodidad y facilidad para el acceso de vehículos livianos y pesados en primera instancia desde el puente sobre Río Claro, hasta la U.B.C.P JB-21, entre las progresivas 1+460 a 3+225, y consecutivamente, a otras U.B.C.P del Distrito Junín Sur, para poder realizar el manejo eficiente, confiable y seguro de la producción hacia el Centro de Bombeo Junín (CBJ).

En efecto, desde el punto de vista técnico, se ubicará la información de campo mediante la recolección de datos (inventario), hecho en el sitio de estudio, junto con el apoyo documental solicitado a PDVSA - Distrito Junín Sur, como la topografía original del terreno, ubicación de préstamos y estudios de suelos realizados a la vía, con el objeto de establecer los componentes idóneos a la propuesta, es por eso que, se deberá contar con las diferentes normativas y procedimientos de las Normas de Proyecto de Carretera (NORVIAL 1985), la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO (1993), Ministerio de Obras Públicas (MOP 1965), Normas para el Proyecto de Carreteras (MTC 1982), para luego presentar los detalles del proyecto en el programa comercial AutoCAD 2016.

Dicha propuesta de vía operacional, estará enfocada en el tramo posterior al puente sobre Río Claro, hasta la U.B.C.P JB-21, que consta de una longitud de 1.79 Km, planteando la investigación únicamente en las

progresivas 1+460 a 3+225, del Distrito Junín Sur, en el municipio Monagas, estado Anzoátegui; el cual contara con los elementos esenciales que cumplan con los requisitos necesarios tanto geométricos, hidráulicos y de pavimento, de una vialidad de este tipo, que serán hallados a partir de los criterios establecidos por las diferentes normativas.

Es importante destacar, que para realizar la propuesta del enlace vial, serán tomados en cuenta estudios realizados con anterioridad, sirviendo como guía y referencia en el uso de los métodos y procedimiento de las normativas planteadas en los diferentes criterios de diseños, debido a la similitud con el proyecto, el cual se puede mencionar a Camacho. (2013), quien realizó una propuesta de un diseño geométrico, estructural e hidráulico y cuál sería la estimación de los costos de construcción de la vía entre los sectores La Villa - Barranco Blanco; de igual forma Fanizzi. (2014), presentó un diseño de diversos sistemas de drenaje vial, utilizados para solventar el problema de drenaje en la vialidad del sector Mene Grande, caracterizado por su relevancia petrolera.

Por las consideraciones anteriores, la propuesta de la vía operacional en el tramo Río Claro – JB-21, es de gran importancia para el Distrito Junín Sur, debido a que es la vía principal que separa el área Norte de la Sur, siendo la más transitada durante todo el año, para poder cumplir con los planes establecidos (construcción, perforación y producción de las U.B.C.P), al igual que el mantenimiento a las líneas eléctricas, oleoductos y diluenductos.

De igual manera, servirá como referencia y base de consulta, tanto a profesionales como estudiantes de la Universidad De Oriente, para la realización de futuros proyectos similares en el área de vialidad, ofreciéndose como guía para el uso de los métodos de diseño (geométrico, hidráulico y

pavimento) aplicados en la propuesta. Sin dejar de un lado la mejoría de la calidad de vida de los habitantes de las comunidades en las zonas cercanas a las áreas de producción, permitiéndole la facilidad de traslado con los pueblos más cercanos.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Propuesta de enlace vial desde Puente Río Claro progresiva (1+460), hasta la U.B.C.P JB-21, progresiva (3+225), en el área operacional de PDVSA, Municipio Monagas, Estado Anzoátegui.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Establecer las dimensiones geométricas de la vía operacional a partir de los datos topográficos y geotécnicos del sitio mediante el uso del NORVIAL, MTC 1997 y AASHTO GDHS-6.
- Realizar los cálculos de movimiento de tierras y diagrama de masas para los elementos geométricos definidos, así como también las condiciones topográficas y geotécnicas del sitio, con el uso del programa comercial Civil 3D.
- Calcular los sistemas de drenaje de la vía operacional, utilizando el manual de drenaje de MOP 1967 y las guías de diseño hidraulico de AASHTO.
- Seleccionar un diseño del pavimento para los requisitos operacionales de la vía y sus condiciones geotecnicas, a través de los métodos MTC 82 y AASHTO 93.
- Presentar los planos de ingeniería de detalle del proyecto de la vía operacional del tramo puente sobre Río Claro hasta JB-21, empleando el programa comercial AutoCAD 2016.

### 1.3. GENERALIDADES

#### 1.3.1. La Faja Petrolífera del Orinoco

La Faja Petrolífera del Orinoco, fuente de reservas de hidrocarburos líquidos más grande del mundo, está ubicada al Sur de la Cuenca Oriental de Venezuela, se extiende desde las cercanías de Tucupita, en el estado Delta Amacuro, hasta las inmediaciones de la Ciudad de Calabozo, en el estado Guárico, cubre una zona de aproximadamente 650 Km de largo con un promedio de 75 km. de ancho, lo cual le da un área de ocupación de aproximadamente 55000 Km<sup>2</sup>, de los cuales se encuentran en explotación 11593 Km<sup>2</sup>, lo que es, aproximadamente un 21% de su extensión. Y cruza los estados Monagas, Anzoátegui, Guárico y Delta Amacuro, contando con un total de 27 bloques, que albergan 1360 MMBLS, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Distribución Faja Petrolífera del Orinoco.

Fuente: Corporación GIS, (GISCA), editado por los Autores.

### 1.3.2. Zonas o campos en los que se encuentran reagrupadas

Se divide en cuatro grandes áreas, y a su vez en bloques, cuyos nombres son (ver figura 2):

- **Área Boyacá:** ubicada al Centro Sur del Estado Guárico, contando con 489 MMMBLS en 6 bloques.
- **Área Junín:** ubicada al Sur Este del Estado Guárico y al Sur Oeste del Estado Anzoátegui, con 557 MMMBLS en 10 bloques.
- **Área Ayacucho:** ubicada al Sur del Estado Anzoátegui, 87 MMMBLS, en 7 bloques.
- **Área Carabobo:** ubicada en la zona Centro Sur del Estado Monagas y Sur Este del Estado Anzoátegui, 227 MMMBLS, 4 bloques.

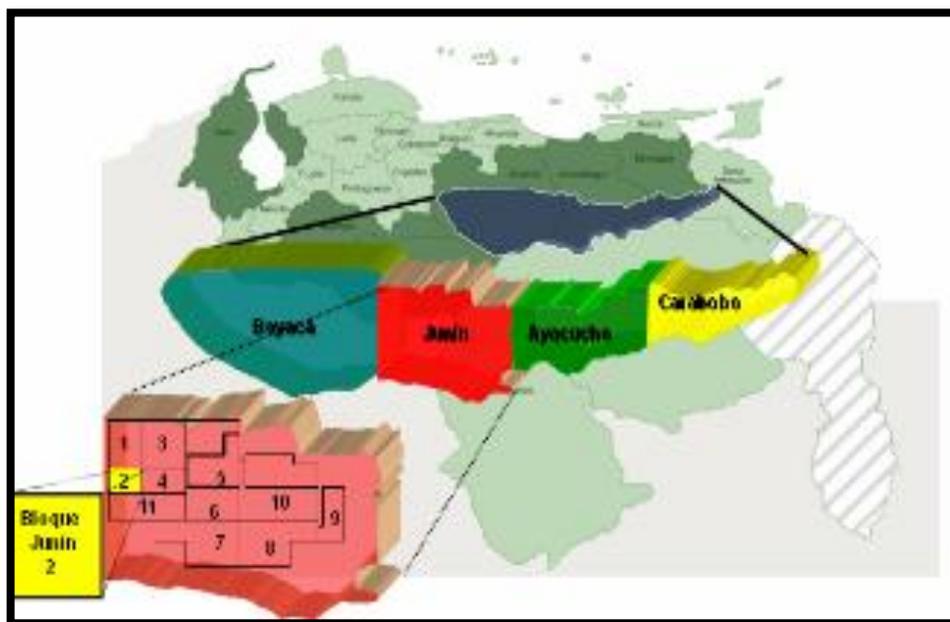


Figura 2. Sub-división Distrito Junín Sur.

Fuente: Corporación GIS, (GISCA), editado por los Autores.

### 1.3.3. Ubicación geográfica del área de estudio

Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA) - Distrito Junín Sur (Bloque10) de la Faja Petrolífera del Orinoco, se encuentra localizado dentro de la División Junín, y este a su vez, en el Municipio José Gregorio Monagas, del estado Anzoátegui (mostrada en la figura 3), dicho bloque cuenta con una superficie aproximada de 583 Km<sup>2</sup> y una cota promedio de 123 m sobre el nivel del mar (medida en plano suministrado por P.D.V.S.A) y con unos yacimientos de 29 MMBLS.

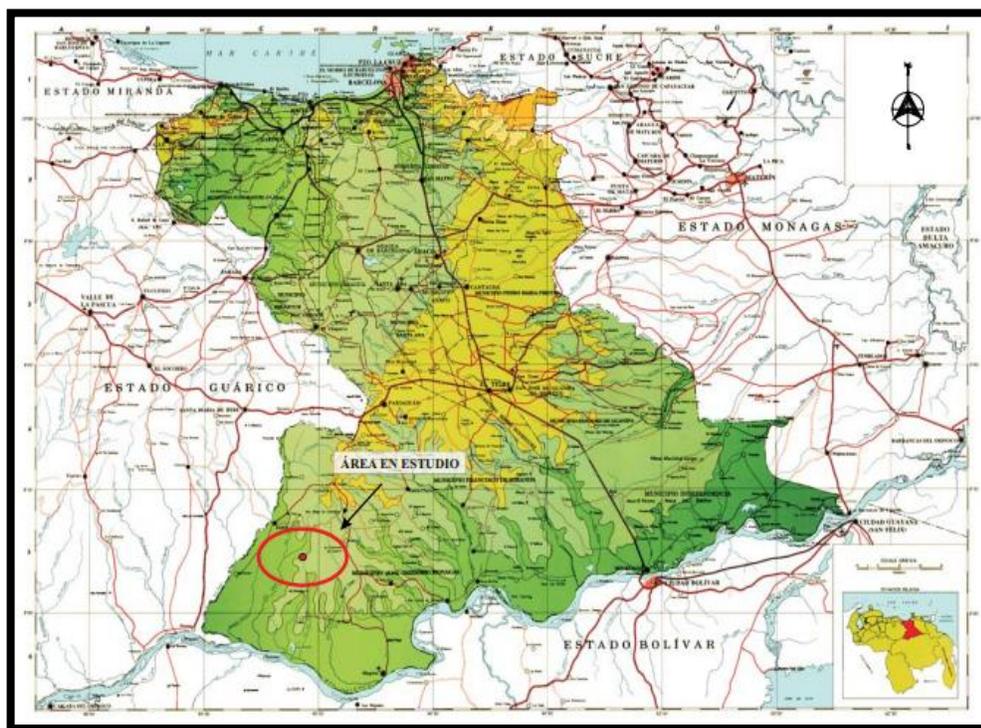


Figura 3. Ubicación regional del área en estudio.

Fuente: Corporación GISCA, (GISCA), editado por los Autores.

#### **1.3.4. Límites del área en estudio:**

- Al Norte con Iguana (antiguo Zuata y Petrocedeño).
- Al Sur Bloque 8.
- Este: Bloque 9.
- Oeste: Petro-Miranda y Bloque 6

La vialidad en estudio, se encuentra ubicada específicamente entre el área sur y el área norte, separando dichas áreas del bloque de producción de PDVSA Junín Sur en la faja del Orinoco, en las inmediaciones del Hato “La Bombita” y sitio denominado “Los Tigres”, al este de la población de Zuata: con acceso al norte, por la vialidad que comunica las poblaciones de Zuata y San Diego de Cabrutica.

#### **1.3.5. Coordenadas de la zona en estudio**

- PROGRESIVA 1+450 (Puente sobre Rio Claro)  
Norte: 914139.45  
Este: 271787.98
- PROGRESIVA 3+275 (U.B.C.P. JB-21)  
Norte: 913525.44  
Este: 273437.52

#### **1.3.6. Descripción**

El Bloque 10 de Distrito Junin Sur, consta 25 taladros conocidas como las Unidades Básicas de Construcción de Producción (U.B.C.P), cada una con sus respectivos equipos (bomba multifásica, paquete de compresor de aire, pulmón de aire de instrumento, paquete de inyección de bactericida, medidor de flujo multi-fásico, estaca de viento, casa de potencia, bancadas,

pozos productores y/o pozo observador) y 19 que se tiene proyectados a futuro.

La vía de acceso que conecta dichas macollas con el Centro de Bombeo Junín (CBJ) es asfaltada, en regular condición y transitable para cualquier tipo de vehículos, contando con unas características geométricas de 2 canales (uno por sentido), de 6,5 metros de ancho aproximado hasta la macolla J-B 20, donde las subsiguientes se conectan por medio de vías provisionales, construidos en su mayoría con materiales de préstamos cercanos, siendo la carretera a partir del puente sobre Río Claro hasta la U.B.C.P. JB-21 la única vía de acceso a las U.B.C.P subsiguientes y futuras. (figura 4)

En relación al funcionamiento y fluidez en el transporte de los crudos pesados y extra-pesados, se realiza a través de los camiones vacuum (con una capacidad de 400 barriles cada uno) hasta que esté culminado y operativo el oleoducto que recorrerá las zonas operadas por Petroúrica, Petromacareo y el Distrito Junín Sur, para unirse al oleoducto de Petrocedeño.



**Figura 4. Área de estudio.**

**Fuente: Plano general, PDVSA - Distrito Junín Sur, Editado los por Autores.**

### **1.3.7. Geología de la zona**

Con el estudio presentado por la Corporación GIS, (GISCA), C.A. sobre la caracterización del subsuelo en el Distrito Junín, se determina que está caracterizada por una topografía de extensas mesetas o mesas de tope aplanado de escasa altura. Esto se debe a la acción abrasiva del agua de lluvia y de los ríos que circulan por la llanura, los cuales se han entallado en el terreno generando terrazas de pendientes moderadas.

La zona en estudio ubicada al Suroeste del estado Anzoátegui, presentan afloramientos de la Formación Las Piedras (Tipi), de edad Cenozoico del Plioceno, la formación de Las Piedras está compuesta por areniscas micáceas, friables de grano fino, color gris claro a gris verdoso, inter-laminadas con lutitas de color gris verdoso, arcilitas, sideríticas, grises, lutitas ligníticas y lignitos. Debido a las características de los procesos de formación de estos suelos, es común encontrar en la región estratos de

arena suelta potencialmente colapsable o estratos de arcilla con elevada actividad (expansión o dispersión).

En el área del Bloque 10, los estratos, están constituidos predominantemente por materiales sedimentarios sin consolidar, de composición heterogénea, conformados predominantemente por material granular fino (arenas), con variable contenido de limo o arcilla, medianamente denso a denso, con intercalaciones de arcillas de baja a alta plasticidad sin consolidar, siendo los colores predominantes el marrón rojizo, gris y amarillento

#### **1.3.8. Relieve**

La zona en estudio presenta un relieve Semi-plano, donde se pueden distinguir tres unidades fisiográficas: mesa fuertemente disectada, planicie de desborde y valles bajos; los rangos de pendiente son variables ubicados entre 3 y 16%, aumentando hasta un 30% en las vertientes de las mesas.

#### **1.3.9. Clima**

El municipio presenta una temperatura media de 27,6 °C, con una precipitación promedio de 1.386,5 mm anuales; donde el patrón de distribución es de régimen unimodal, originando un período lluvioso entre los meses de Abril a Noviembre, realizando la descarga del 95% de las lluvias, Junio- Julio- Agosto (máximos módulos mensuales).

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

García (2015), realizó un trabajo especial de grado cuyo objetivo principal de la investigación fue elaborar el diseño geométrico de la calle 85 Falcón, Municipio Maracaibo, para la cual realizó una observación directa, a fuentes de información primarias, usando como guía para el diseño de NORVIAL, AASHTO y la Ordenanza de Planificación Urbana del Municipio Maracaibo del 2005. Para lograr una mejor expresión de los resultados, utilizó la ayuda de herramientas como AutoCAD, Excel y Word, para dar solución al problema planteado.

Dentro del diseño de la calle 85, se tomaron en cuenta los elementos geométricos de la sección de la calle como: calzada, aceras y curvas, como también se realizó la altimetría del recorrido perteneciente a la calle 85. La investigación realizada, se tomó en consideración para la elaboración del proyecto, ya que se relaciona en cuanto a los criterios utilizados para la recolección de datos (observación directa y revisión documental), así como también los diferentes procedimientos e instrucciones dictaminados en las guías referentes al diseño de una carretera, tanto NORVIAL como AASHTO, al igual que los software utilizado para la presentación de los resultados obtenidos.

Otra investigación, es la de Harumi (2014), que presentó una investigación que consistió en el diseño del pavimento de un kilómetro de la carretera Panamericana Norte, en el tramo de Huacho a Pativilca en Perú, el cual elaboró el diseño considerando dos tipos: flexible y rígido. Tomando en cuenta variables como características del tramo, estimación de las

solicitaciones de tránsito, ensayos de suelos, estudios pluviométricos y canteras cercanas al proyecto. El pavimento flexible se diseñó mediante la metodología de la AASHTO, y la del Instituto del Asfalto (IA), para luego comparar ambos resultados y escoger la mejor opción. El pavimento rígido se diseñó también mediante dos metodologías: la de la AASHTO y la de la Portland Cement Association (PCA) para luego comparar ambos resultados y escoger la mejor opción.

Este antecedente de estudio, merece ser incorporado en esta investigación, debido a que el investigador concluye que el diseño de pavimento flexible por el método AASHTO, es el método más factible y económico en comparación con el del Instituto de Asfalto (IA) y los métodos de pavimento rígido; el cual será uno de los métodos utilizados, sirviendo como referencia en el diseño de la vía operacional de la propuesta planteada.

Por otro lado, Fung y Zaccaria, (2011), realizaron un estudio que tuvo como objetivo diseñar un sistema de drenaje vial para el sector Monte Bello, del municipio Maracaibo, cumpliendo con las siguientes fases: delimitar el área geográfica, calcular el caudal de agua de lluvia en base a las curvas de intensidad, duración y frecuencia, correspondientes al municipio Maracaibo, e identificar las especificaciones técnicas y cantidades de elementos estructurales, apropiados para la vialidad basados en el uso de las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), y el Manual de Drenajes del MOP.

El trabajo realizado por Fung y Zaccaria, guarda relación con esta investigación, por cuanto el uso del Manual de Drenajes del MOP, en la realización de un sistema de drenaje, diseñado específicamente para una vialidad con elementos estructurales apropiados, el cual, sirve de guía como

metodología a utilizar para elaborar la propuesta del diseño hidráulico de la vía operacional planteada en la investigación.

Por último, (*opcit.* Pág. 26), elaboró el diseño estructural, geométrico e hidráulico, de la vialidad entre los sectores la Villa - Barranco Blanco, Edo. Falcón. Trazando un diseño de carreteras bajo el MTC1997. De igual forma, planteó el diseño de pavimento más factible, utilizando el método AASHTO-93, ya que arrojó espesores de: base, sub-base y capa de rodamiento menores que el MTC-82 lo que implica que es más óptimo y económico desde el punto de vista financiero y constructivo.

Posteriormente, con el uso del Manual de Drenaje Urbano y Normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), y el Manual de Drenajes del MOP, planteó el diseño hidráulico de la vía, donde se colocaron obras de drenajes como las cunetas para evacuar las aguas de lluvia, sirviendo como control de drenaje y de la erosión. De igual forma este trabajo de grado aporta información relevante a la investigación, en cuanto a la factibilidad de usar el método AASHTO-93, para la realización del diseño de pavimento flexible, así como también aporta información para la elaboración de un sistema de drenajes adecuado para una vialidad.

## **2.2. Terminología básica**

### **2.2.1. Inventario vial**

Según Cal y Mayor (2007), lo definen como el registro de los elementos geométricos, señalizaciones y características físicas de las carreteras existentes, en algún documento de manera ordenada y actualizada, donde se detalla la ubicación y el estado operativo en que se encuentra en la actualidad.

### **2.2.1. Movimiento de tierras**

De acuerdo a lo señalado por Morales (2006), son las actividades utilizadas para darle a la topografía natural del terreno, las modificaciones necesarias y deseadas en la rasante del proyecto, bajo diferentes actuaciones que pueden ir desde limpieza, excavación, transporte y relleno al momento de ejecutar una obra.

### **2.2.2. Perfil longitudinal**

Es la representación gráfica donde se indican las cotas y distancias de cada una de las estaciones o secciones transversales del proyecto, que al unirse estos puntos, muestra como se ve el terreno natural a lo largo del recorrido de la vialidad, ayudando a determinar las respectivas pendientes en cada tramo de la carretera, (*Ibídem*)

### **2.2.3. Rasante**

La rasante es la línea imaginaria sobre el terreno, que define la superficie de rodamiento del proyecto, paralela al eje horizontal, determinándose bajo el criterio económico, ya que implica ubicar el punto o la cota del proyecto en donde se igualen los volúmenes de corte con los de terraplén, Cal y Mayor (Opcit. Pág. 38).

### **2.2.4. Sección transversal**

De acuerdo con Morales (2006), es un corte que se le realiza al terreno de forma transversal, cuyo objetivo principal es suministrar la formación del terreno natural con respecto a la posición del eje central del proyecto vial, separadas a ciertas distancias una de la otra a lo largo de la carretera.

### **2.2.5. Calzada**

De igual manera define Cal y Mayor (Opcit. Pág.38), como la superficie de la carretera de asfalto o concreto, que soporta el tráfico vehicular a lo largo de la vialidad, destinada a resistir las cargas que serán transmitidas por los vehículos de paso, teniendo dimensiones diferentes de acuerdo al tipo de carretera.

### **2.2.6. Pavimento**

Según (opcit. Pág. 38), lo definen como la estructura lisa, dura y resistente de asfalto, concreto u otros materiales, sobre la capa de terreno compactado, para que la superficie se encuentre firme y plana, cuyo objetivo principal es permitir el tráfico cómodo y confortable del vehículo, bajo cualquier condición climática.

### **2.2.7. Pavimentos flexibles**

De acuerdo con Kraemer y Pardillo (2004), es una mezcla asfáltica, cuya estructura está formada por materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos, unidos bajo un ligante hidrocarbonado, proporcionando una regularidad y comodidad a la superficie de la vialidad.

### **2.2.8. Drenaje longitudinal**

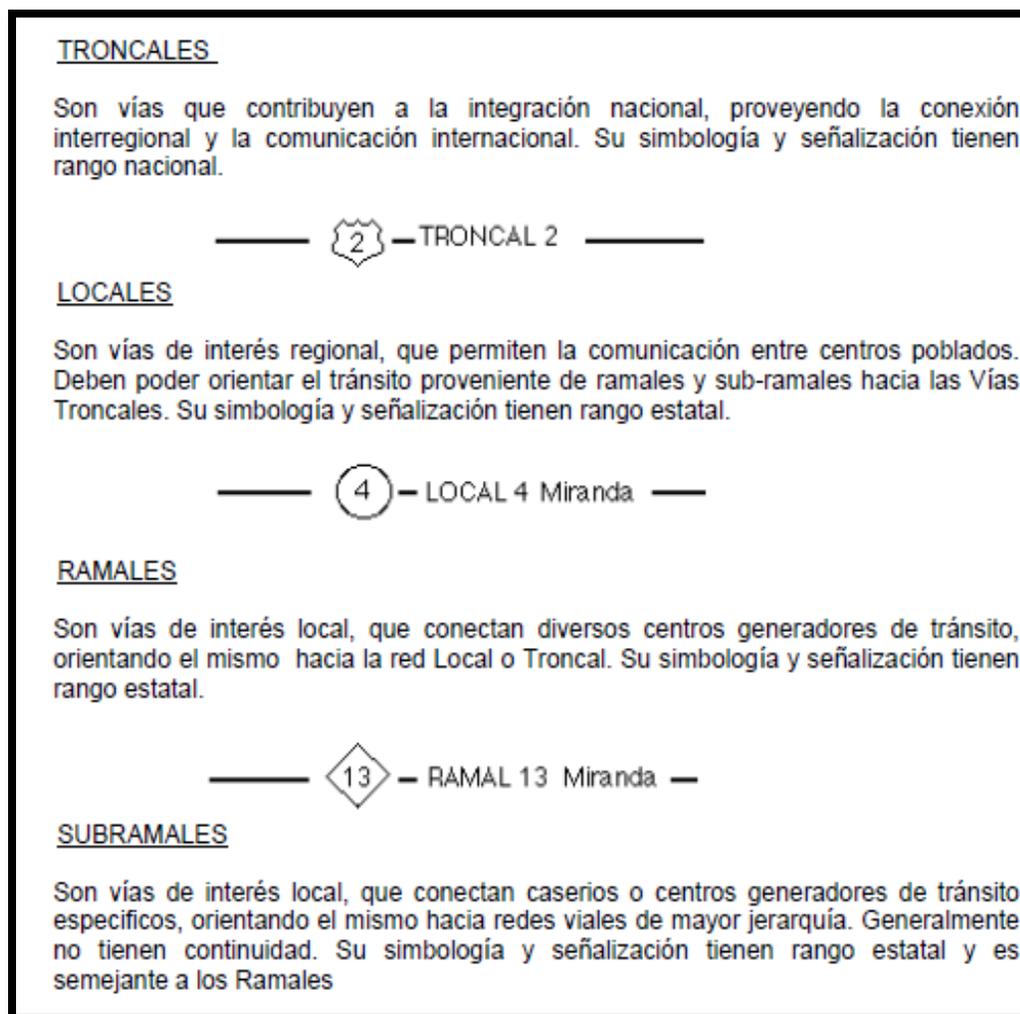
Explica nuevamente Morales (Opcit. Pág. 39), como estructuras longitudinales a lo largo de la carretera que actúan como canal, cuyo objetivo principal es recoger y transportar el agua proveniente de las precipitaciones anuales y cuencas o arroyos cercanos a la calzada de la vialidad, por lo cual fluirá el caudal hasta su destino final.

### 2.3. Clasificación de las carreteras:

En Venezuela el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) elaboró una clasificación de acuerdo a la características Socio-Economicas de los viajes que se efectuan en dicha vía, estos criterios tiene como base la longitud de los viajes.

#### 2.3.1. Clasificación administrativa

(Ver figura 5)

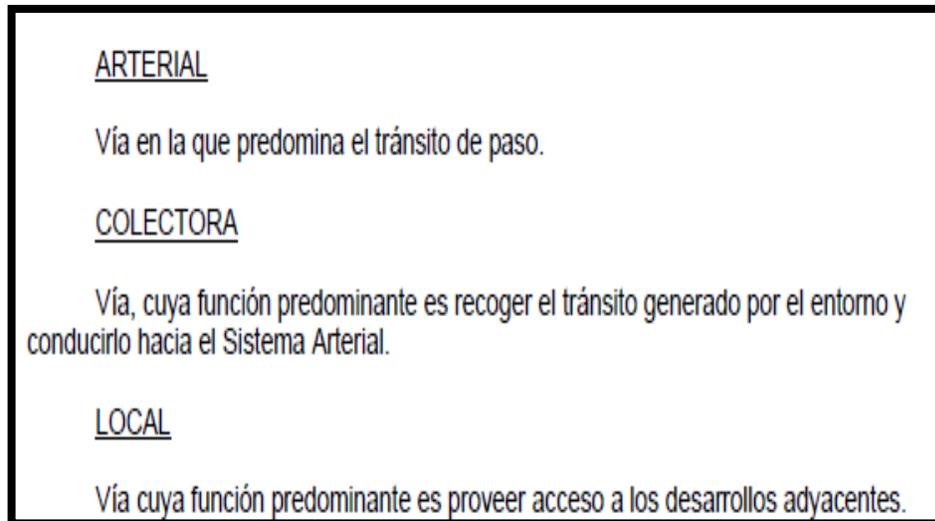


**Figura 5. Clasificación administrativa de las carreteras.**

**Fuente: MTC (1997), editada por los Autores.**

### 2.3.2. Clasificación Funcional

En la Clasificación Funcional (figura 6) se toman en cuenta las características propias de las corrientes de tránsito. Es la más utilizada en la planificación vial de una región.

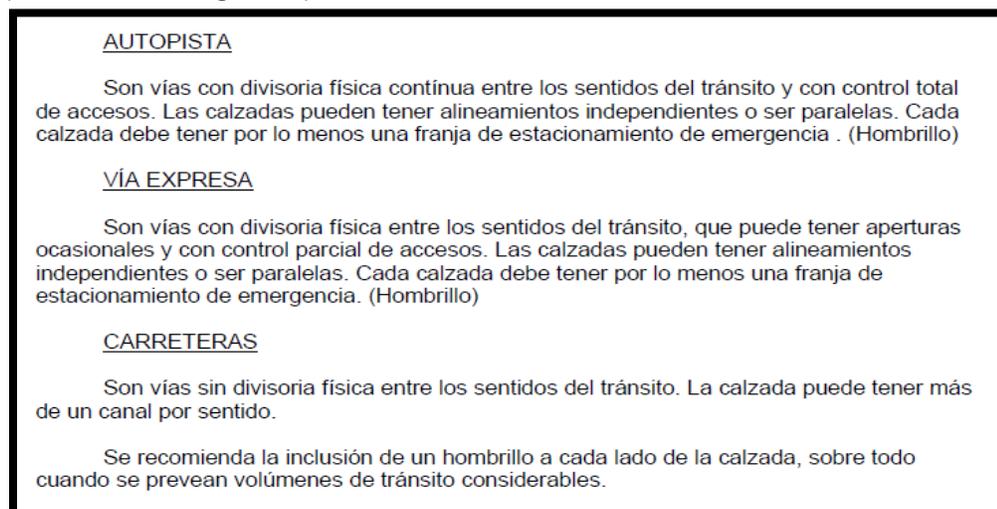


**Figura 6. Clasificación funcional de las carreteras.**

**Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.**

### 2.3.3. Clasificación según su Geometría

(Mostrada en figura 7)



**Figura 7. Clasificación según su geometría.**

**Fuente: MTC (1997), Editado por los Autores.**

### 2.3.4. Características de las carreteras

(Ver Figura 8)

	Velocidad ( km/h )	Volumen (veh/día)	Indice de Curvatura (grados/km)
CARRETERAS PRINCIPALES	50 - 120	> 200	< 400
CARRETERAS SECUNDARIAS	≤ 60	≤ 200	≥ 400

**Figura 8. Condiciones predominantes.**

**Fuente: NORVIAL (1987), Editado por los Autores.**

## 2.4. Aforos

De acuerdo a lo señalado por Garber y Hoel (2005), Lo definen como la realización de conteos, a lo largo de un periodo determinado de tiempo, que se consideren representativas para realizar estimaciones razonables del volumen anual sobre en una vía.

Todos los proyectos viales deben basarse en datos reales, entre los cuales uno de los más importantes es el tránsito, ya que define la calidad del servicio que la vía en proyecto prestará a sus usuarios, donde sus principales características influyentes son:

### 2.4.1. Tránsito Promedio Diario (TPD)

En Venezuela es difícil disponer de conteos permanentes que permitan obtener dicho promedio. En la mayoría de los casos se utilizan conteos cortos (hasta de 5 minutos) donde el tránsito promedio diario (TPD), se obtiene por medio de una extensión estadística sobre los datos obtenidos.

Sugiere el MTC 1997, que en una carretera sin divisoria física entre los sentidos del tránsito, el TPD que se obtiene de los conteos se refiere a la totalidad del tránsito en ambos sentidos.

El lapso ideal para la realización de un conteo es de un (1) año. Cuando el conteo se realiza en estaciones de cobertura 1, o en peajes, automáticamente al correr del año se va registrando el volumen acumulado de vehículos. En otras ocasiones o puntos de medición, no es ni práctico ni económico, el que se disponga de este lapso de tiempo. Lo ideal entonces, es realizar una medición de un mes continuo. En caso de que esto tampoco sea posible, la medición debería ser de una (1) semana completa, en forma tal que se obtenga un registro de lunes a domingo. Si tampoco esto fuese posible, debería al menos disponerse de un registro de un día laboral y de un día de fin de semana (sábado o domingo).

Puede darse el caso de que no pueda contarse en un lapso de 24 horas; en este caso, debe irse a ocho (8) horas, y a veces solo podrá contarse durante una hora. En estos casos, el TPD debe ser obtenido dividiendo el número de vehículos contado durante el periodo entre el “factor de medición”.

#### **2.4.2. Factor de hora pico (FHP)**

Es necesario recurrir a periodos de tiempos muchos mas cortos, donde el tiempo recomendado es de una hora y su volumen resulte ser el maximo. Debido a que no todo el flujo durante la hora pico es uniforme, se debe recurrir al factor de hora pico (FHP)

$$FHP = \frac{\text{Volumen hora-pico}}{\text{Mayor volumen en } 5' \times 12} \text{ Ec. (1)}$$

Este factor puede variar de acuerdo a los usos y actividades en determinada población.

#### **2.4.3. Composición del tránsito**

Todos los tipos de vehículos tienen características de operación diferentes, por lo que su influencia en el flujo del tránsito varía

considerablemente. Al ser más pesados y de mayor tamaño, es claramente visibles que los vehículos de carga ocupan mayor espacio, son más lentos e inciden más en el flujo que los vehículos livianos. El MTC 1997 los clasifica como se muestra en la figura 9

Vehículos livianos. Se consideran en este grupo, todos aquellos vehículos de 2 ejes y cuatro ruedas. Pertenecen a este grupo todos los automóviles tipo sedán o limusina y algunos camiones livianos de reparto, tales como los generalmente llamados camionetas o panel.

Vehículos pesados. Se consideran en este grupo todos los vehículos con más de 4 ruedas. Típicamente pertenecen a este grupo los camiones, autobuses, remolques y semiremolques.

Los vehículos livianos tienen todas características operacionales semejantes. No así los vehículos pesados, en los cuales hay grandes variaciones de tamaño y peso. Sus características serán discutidas en el capítulo VI más adelante. No obstante, su influencia en el flujo del tránsito es similar y, para ese efecto, pueden ser considerados como un solo grupo.

**Figura 9. Composición del tránsito.**

**Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.**

#### **2.4.4. Vehículos de diseño**

Es el vehículo tipo usado para el proyecto en una carretera, que representa el mayor porcentaje significativo del tráfico que ella debe acomodar. Para un proyecto de vías que tengan una considerable proporción de camiones, el vehículo tipo estará representado por una combinación de camión y remolque o semi-remolque, clasificándose según sus características principales en la figura 10:

Los tipos de vehículo considerados y sus características principales son las siguientes:

<u>Vehículo liviano</u>	
Símbolo = P	En el Manual Interamericano =VP
Característica principal	Bastidor rígido, 4 ruedas y 2 ejes
Uso más frecuente	Pasajeros, carga liviana
Tipos más frecuentes	Sedán, camionetas, furgonetas
<u>Camiones</u>	
Símbolo = SU	En el Manual Interamericano = CO
Característica principal	Bastidor rígido, mínimo 6 ruedas y 2 ejes
Uso más frecuente	Carga mediana a pesada, colectivos pequeños
Tipos más frecuentes	Estacas, volteos, busetas
<u>Semi-remolques</u>	
Símbolo = WB-12	En el Manual Interamericano = SR
Característica principal	Bastidor articulado.
Uso más frecuente	Carga pesada y extrapesada
Tipo más frecuente	Gandola
Símbolo = WB-15	No aparece en el Manual Interamericano
Característica principal	Igual al WB-12, pero más largo
Símbolo = WB-18	No aparece en el Manual Interamericano
Característica principal	Bastidor articulado más remolque
<u>Bus</u>	
Símbolo = BUS	En el Manual Interamericano = O
Característica principal	Bastidor rígido. Semejante al SU, pero mucho más la
Uso más frecuente	Pasajeros

**Figura 10. Vehículos de diseño**

**Fuente: MTC 1997, editado por los autores.**

#### **2.4.5. Dimensiones y radios de giro**

Es el radio de la circunferencia definida por la trayectoria de la rueda delantera externa del vehículo, cuando esta efectúa su giro. En la figura 12, se encuentran las dimensiones adoptadas para los vehículo tipo descritos anteriormente y sus radios de giro mínimos. Estos radios de giro mínimos corresponden a velocidades no mayores de 15 kph y generalmente sólo tienen aplicación en el diseño de intersecciones a nivel.

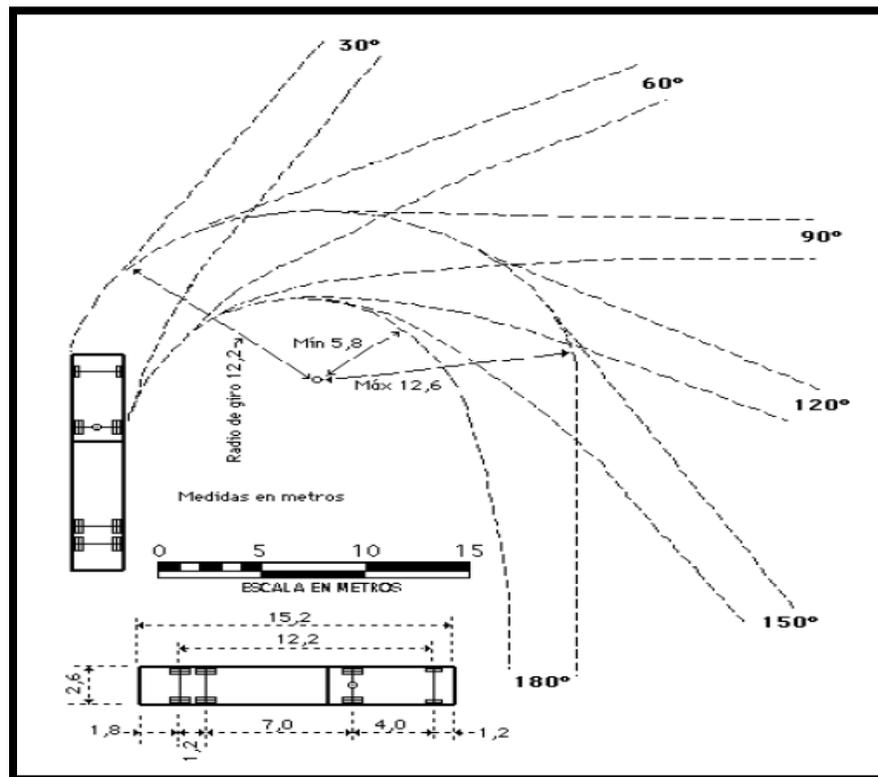
<b>VEHICULOS TIPO Y SUS DIMENSIONES</b>							
Vehículo Tipo	Símbolo	Distancia entre ejes	Salientes ejes delante atrás		Largo	Ancho	Alto
Liviano	P	3,4	0,9	1,5	5,8	2,1	1,3
Camión	SU	6,1	1,22	1,8	9,1	2,6	4,1
Semi-remolque	WB-12	4,0+8,2	1,2	1,8	15,2	2,6	4,1
Semi-remolque	WB-15	6,1+9,1	0,9	0,6	16,7	2,6	4,1
Semi-remolque + remolque	WB-18	3,0+6,1+ 2,8+6,4	0,6	0,9	19,9	2,6	4,1
Autobús	BUS	7,6	2,1	2,4	12,1	2,6	4,1

<b>Tabla 6.2. RADIOS DE GIRO MINIMOS</b>						
Símbolo	P	SU	WB-12	WB-15	WB-18	BUS
Radio mínimo	7,3	12,8	12,2	13,7	13,7	12,8
Radio mínimo interno	4,2	8,5	5,7	5,8	6,8	7,4

**Figura 11. Dimensiones y Radios de giro mínimos.**

**Fuente: MTC 1997, editado por los Autores.**



**Figura 12. Trayectoria mínima de vehículos WB-12**

**Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.**

#### **2.4.6. Velocidad de diseño.**

Es la máxima segura que puede alcanzarse en condiciones favorables de clima y tránsito, en un determinado trayecto de la vía que tenga características muy uniformes.

La velocidad de diseño es aquella que se utiliza para coordinar todos los elementos de diseño, principalmente la curvatura, el peralte y la visibilidad. Debe corresponder a las expectativas que el promedio de los usuarios espera. ( Ver figura 13)

Terreno	AUTOPISTAS	CARRETERAS
Llano	100 - 130	90 - 120
Ondulado	80 - 120	60 - 100
Montañoso	70 - 100	30 - 80

**Figura 13. Velocidades de diseños normales.**  
**Fuente: MTC (1997), Editado por los Autores.**

## 2.5. Niveles de servicio

Cárdenas (1985) la define como las condiciones en las que puede operar un carril o camino dado, cuando se encuentra sometidas a diferentes volúmenes de tránsito. Donde influyen diferentes factores descritos en la figura 14

<u>Nivel de Servicio A</u>	Flujo libre. Velocidad de operación $\geq 95$ kph. En condiciones ideales, el volumen de servicio es de 500 vph. Libertad para adelantar 75%.
<u>Nivel de Servicio B</u>	Flujo estable. Velocidad de operación $\geq 85$ kph. En condiciones ideales, el volumen de servicio es de 850 vph. Alguna restricción en las maniobras para adelantar.
<u>Nivel de Servicio C</u>	Flujo estable. Velocidad de operación $\geq 80$ kph. En condiciones ideales, el volumen de servicio es de 1500 vph. Restricciones en las maniobras para adelantar.
<u>Nivel de Servicio D</u>	Flujo próximo a inestable. Velocidad de operación $\geq 80$ kph. En condiciones ideales, el volumen de servicio es de 2400 vph
<u>Nivel de Servicio E</u>	Flujo inestable. La velocidad de operación es menor de 80 kph, aunque puede variar mucho. En condiciones ideales, el volumen de servicio es de 3200 vph, igual a la capacidad.
<u>Nivel de Servicio F</u>	Flujo forzado, intermitente, con características imprevisibles. La velocidad de operación será menor de 50 kph y el volumen de servicio será alrededor de 2000 vph.

**Figura 14. Niveles de Servicio.**

**Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.**

## 2.6. Análisis operacional (volumen de servicio) de una carretera de 2 canales

Según el NORVIAL, cuando en el análisis no se dispone de datos específicos de la vía o cuando se desea establecer las condiciones probables de operación, en carreteras de dos canales uno por sentido, se realizan los cálculos mediante la siguiente ecuación:

$$V_{si} = 2.800 * (v/c)_i * f_d * f_w * f_{vp} \quad \text{Ec. (2)}$$

En la cual:

- $V_{Si}$  = Flujo horario en ambos sentidos, de acuerdo a las condiciones prevalcientes, correspondiente al nivel de servicio i. (Figura 15)

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIONES DEL FLUJO DE TRANSITO		RELACION (V/C) VOLUMEN DE SERVICIO-CAPACIDAD			VOLUMEN DE SERVICIO MAXIMO BAJO CONDICIONES IDEALES. (TOTAL DE VEHICULOS LIVIANOS POR HORA, EN UN SENTIDO)		
	DESCRIPCION	VELOCIDAD DE OPERACION <sup>a</sup> (Km./h.)	VALOR LIMITE PARA VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE 110 Km./h.	VALOR APROXIMADO PARA UNA VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE:		CARRETERA DE 4 CANALES (2/SENTIDO)	CARRETERA DE 3 CANALES (3/SENTIDO)	CADA CANAL ADICIONAL
				95 Km./h.	80 Km./h.			
A	FLUJO LIBRE	$\geq 95$	$\leq 0,30$	— b	— b	1200	1800	600
B	FLUJO ESTABLE	$\geq 90$	$\leq 0,50$	$\leq 0,20$	— b	2000	3000	1000
C	FLUJO ESTABLE	$\geq 70$	$\leq 0,75$	$\leq 0,50$	$\leq 0,25$	3000	4500	1500
D	FLUJO PROXIMO AL INESTABLE	$\geq 55$	$\leq 0,90$	$\leq 0,85$	$\leq 0,70$	3600	5400	1800
E <sup>c</sup>	FLUJO INESTABLE	50 <sup>d</sup>	$\leq 1,00$			4000	6000	2000
F	FLUJO FORZADO	< 50 <sup>d</sup>	NO SIGNIFICATIVO <sup>e</sup>			MUY VARIABLE (desde cero hasta la capacidad)		

Figura 15. Niveles y volúmenes de servicio en carreteras de canales múltiples.

Fuente: NORVIAL (1987), editado por los Autores.

- FD = Factor de ajuste por efecto de la distribución direccional del tránsito.

Al diseñar una vía es importante conocer la distribución del tránsito en cada sentido, En muchas de las vías rurales, se ha encontrado que el rango de la distribución varía desde el 50-50% hasta el 20-80%. Se obtiene generalmente mediante conteos manuales en el campo, en localidades próximas y similares a la vía que se proyecta y preferiblemente en las horas que se asemejen a las del volumen horario de diseño elegido, esto con la finalidad de poder hallar el factor.

Distribución Direccional	Factor de Ajuste $f_d$
80/20	0,83
70/30	0,89
60/40	0,94
50/50	1,00

**Figura 16. Distribución Direccional.**  
**Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.**

- FVP = Factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados calculado según la expresión siguiente:

$$F_{vp} = \frac{1}{(1+P_t * (E_t - 1))} + \frac{P_b}{(E_b - 1)} \quad \text{Ec. (3)}$$

En la cual:

PT= Es el porcentaje de camiones, expresado en fracción.

ET= Es la cantidad de vehículos livianos equivalentes a un camión.

PB= Es el porcentaje de autobuses, expresado en fracción.

EB = Es la cantidad de vehículos livianos equivalentes a un bus.

Tipo de terreno	Equivalente $E_T$ para camiones			Equivalente $E_B$ para Buses		
	Nivel de Servicio A	Nivel de Servicio B y C	Nivel de Servicio D y E	Nivel de Servicio A	Nivel de Servicio B y C	Nivel de Servicio D y E
LLano	2,0	2,2	2,0	1,8	2,0	1,6
Ondulado	4,0	5,0	5,0	3,0	3,4	2,9
Montañoso	7,0	10,0	12,0	5,7	6,0	6,0

**Figura 17. Equivalencia de camiones y autobuses  
En vehículos livianos, carreteras de 2 canales.  
Fuente: MTC (1997), Editado por los Autores.**

- FW = Factor de ajuste por efecto del ancho de los canales de circulación y distancia del borde del canal a obstáculos laterales.

Distancia del borde externo de la calzada al obstáculo mts	NIVELES DE SERVICIO A+D				NIVEL DE SERVICIO E			
	Ancho de los canales				Ancho de los canales			
	3,60	3,30	3,00	2,70	3,60	3,30	3,00	2,70
1,80	1,00	0,93	0,84	0,70	1,00	0,94	0,86	0,77
1,50	0,97	0,89	0,80	0,68	0,98	0,93	0,85	0,76
1,00	0,89	0,82	0,74	0,63	0,95	0,90	0,83	0,73
0,50	0,79	0,73	0,66	0,56	0,93	0,87	0,80	0,70
0,00	0,70	0,65	0,58	0,50	0,88	0,83	0,75	0,65

**Figura 18. Factor de ajuste por efecto del ancho de canal y distancias a obstáculos laterales en carreteras de 2 canales.  
Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.**

## 2.7. Diseño de visibilidad

### 2.7.1. Visibilidad de Frenado

Es la distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción más la distancia recorrida durante la aplicación de los frenos. (Mostrada en figura 19)

Velocidad de diseño kph	Recorrido en 2,5" mts	Factor de fricción	Recorrido frenando mts	Distancia calculada mts
30	20.82	0.380	9.32	30
35	24.29	0.374	12.91	37
40	27.76	0.367	17.17	45
45	31.23	0.360	22.14	53
50	34.70	0.353	27.85	63
55	38.17	0.347	34.35	73
60	41.64	0.340	41.68	83
65	45.11	0.333	49.91	95
70	48.58	0.327	59.07	108
75	52.05	0.320	69.23	121
80	55.52	0.313	80.46	136
85	58.99	0.306	92.82	152
90	62.46	0.300	106.39	169
95	65.93	0.293	121.26	187
100	69.40	0.286	137.51	207
105	72.87	0.280	155.25	228
110	76.34	0.273	174.58	251
115	79.81	0.266	195.63	275
120	83.28	0.259	218.52	302

**Figura 19. Distancia de visibilidad de frenado**

**Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.**

### 2.7.2. Visibilidad de paso

Es el trayecto de calzada que puede ser vista por el conductor en forma ininterrumpida y que le permite adelantar en forma segura a otro vehículo que circule a una velocidad menor que la imperante en la vía, ocupando temporalmente el canal de sentido contrario. (Ver figura 20)

Velocidad de diseño kph	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia	230	290	350	420	490	550	600	670	750	820

**Figura 20. Distancia de visibilidad de paso en carreteras de 2 canales**  
**Fuente: MTC (1997), Editado por los autores.**

### 2.7.3. Visibilidad de decisión

Se distinguen tres tipos de maniobra, para las cuales se han adoptado en estas normas distancias de visibilidad de decisión, derivadas de las fijadas por AASHTO 1990, todas ellas de carácter evasivo, son las siguientes:

- Cambio de canal y de velocidad en vías extra-urbanas. La distancia de decisión para esta maniobra se computa con la expresión:

$$d_A = 3,16 V - 17,547 \text{ Ec. (4)}$$

- Cambio de canal y de velocidad en vías suburbanas. La distancia de decisión se computa mediante la expresión:

$$d_B = 3,762V - 23,128 \text{ Ec. (5)}$$

- Cambio de canal y de velocidad en vías urbanas. La distancia de decisión para esta maniobra se computa con la expresión:

$$d_C = 3,964V - 1,210 \text{ Ec. (6)}$$

En las cuales  $V$  corresponde a la velocidad de diseño en kph y  $d$  es la distancia de visibilidad de decisión, en metros.

## 2.8. Peralte

Según Cal y Mayor (Op.cit., Pág.38), lo definen como las pendiente transversal que se la da a las curvas en las plataformas de una vía o calzada, con el fin de compensar con un componente de su propia fuerza, conocida como fuerza centrífuga y lograr que la resultante total de las fuerzas se mantenga aproximadamente perpendicular al plano de la vía o de la calzada. (Ver figura 21)

RADIO (m)	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
PERALTE (%)	10	9	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	5
VELOCIDAD MAXIMA Km/h	80	87	92	96	100	103	106	108	111	113
VELOCIDAD DE MANOS LIBRES Km/h	50	53	55	58	60	61	62	62	62	64

**Figura 21. Valores normales de peralte**  
Fuente: NORVIAL (1987), editado por los Autores.

$$P = 0.007865 \frac{V^2}{R} - F \text{ Ec. (7)}$$

Donde:

P= Peralte (m/m)

F= Fricción

V= Velocidad de Diseño (Km/h)

R= Radio (M)

Para el cual los valores establecidos de fuerza de fricción para calcular el peralte, se encuentran en la figura 22.

V	F
30	0,22
40	0,21
50	0,19
60	0,18
70	0,17
80	0,15
90	0,14
100	0,13
110	0,11
120	0,10

**Figura 22. Valores de fricción**

**Fuente: NORVIAL (1987), editado por los Autores.**

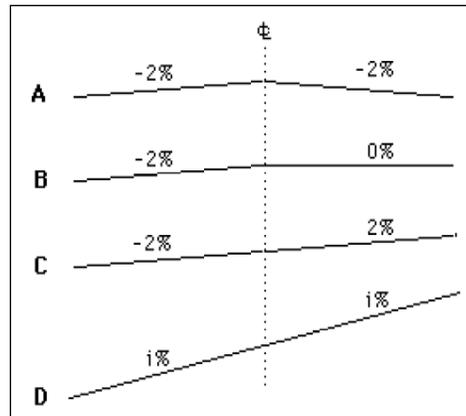
### **2.9. Velocidad de manos libre**

Es aquella en la cual toda la fuerza centrífuga es contrarrestada por el peralte, en una curva de radio determinado.

$$V = 11.27 \sqrt{R \times I} \quad \text{Ec.(8)}$$

### **2.10. Transición del peralte**

Longitud de la transición del peralte, es el la distancia total donde la pendiente transversal cambia de B a D en todo el trayecto, para así ajustarse al peralte final calculado, indicado en la figura 23.



**Figura 23. Transición del peralte**

**Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.**

El criterio para establecer la longitud de ese trayecto depende de la velocidad de diseño. La transición de los bordes de la calzada, con respecto al eje de rotación, es lineal y la rata de transición resultante se expresa por la cotangente del ángulo, que dichos bordes forman con el eje de rotación. Los valores adoptados se muestran en la figura 24.

Velocidad de diseño Kph	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Rata de Transición Cot $\alpha$	130	140	150	160	180	200	220	240	260	280

**Figura 24. Rata de transición del peralte, en relación a la velocidad de diseño.**

**Fuente: MTC (1997), Editado por los Autores.**

Localización de las transiciones del peralte

$$\text{Transición de BD} = w \times i \times \text{cota} \quad \text{Ec. (9)}$$

$$\text{Transición de AB} = 0.02 \times w \times \text{cota} \quad \text{Ec. (10)}$$

Transición de BC = AB

Transición de CD = BD – BC      **Ec. (11)**

Dónde:

w = semiancho de la calzada, incluido el hombrillo.

i = Peralte en m/m.

cot  $\alpha$  = Rata de transición.

### 2.11. Radio mínimo para curvas horizontales

El radio de giro es aquel que permite realizar la transición del peralte durante toda la trayectoria de la curva, este radio resulta de aplicar la expresión:

$$R = \frac{v^2}{127 \cdot i + F} \quad \text{Ec.(12)}$$

Dónde:

V: Velocidad de diseño.

i+F: Relación velocidad-fricción-peralte-radio en carreteras. (Ver figura 25)

Velocidad de diseño	factor de fricción	Peralte máximo	i + f	Radio mínimo
30	0.171	10	0.271	26
40	0.165	10	0.265	48
50	0.159	10	0.259	76
60	0.153	10	0.253	112
70	0.146	10	0.246	157
80	0.140	10	0.240	210
90	0.134	10	0.234	273
100	0.128	10	0.228	346
110	0.121	10	0.221	431
120	0.115	10	0.215	527

**Figura 25. Relación velocidad-fricción-peralte-radio en carreteras.**

**Fuente: MTC (1997), Editado por los Autores.**

## 2.12. Curvas simples

Según la norma de carreteras MTC 1997 lo define como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos alineamientos rectos de una vía (ver figura 26). Una curva circular simple (CCS) está compuesta de los siguientes elementos:

### 2.12.1. Ángulo de deflexión ( $\Delta$ )

El que se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente. Puede ser a la izquierda o a la derecha según si está medido en sentido anti-horario o a favor de las manecillas del reloj, respectivamente. Es igual al ángulo central subtendido por el arco ( $\Delta$ ).

### 2.12.2. Tangente ( $T_c$ )

Distancia desde el punto de intersección de las tangentes (PI) , los alineamientos rectos también se conocen con el nombre de tangentes, si se trata del tramo recto que queda entre dos curvas se le llama entre tangencia hasta cualquiera de los puntos de tangencia de la curva (PC o PT).

$$T_c = R \cdot \tan \frac{\Delta}{2} \quad \text{Ec. (13)}$$

Dónde:

$\Delta$  = Deflexión G°M'S"

R = (Radio) mts

### 2.12.3. Flecha de arco ( $F_a$ )

Distancia desde el punto de intersección al punto medio de la curva sobre el arco.

$$T_e = R \left( \frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) \quad \text{Ec. (14)}$$

#### 2.12.4. Longitud de la curva (Lc)

Es la distancia desde el PC hasta el PT recorriendo el arco de la curva, o bien, una poligonal abierta formada por una sucesión de cuerdas rectas de una longitud relativamente corta.

$$Lc = \frac{\pi * \Delta}{360^\circ} \times 2R \text{ Ec. (15)}$$

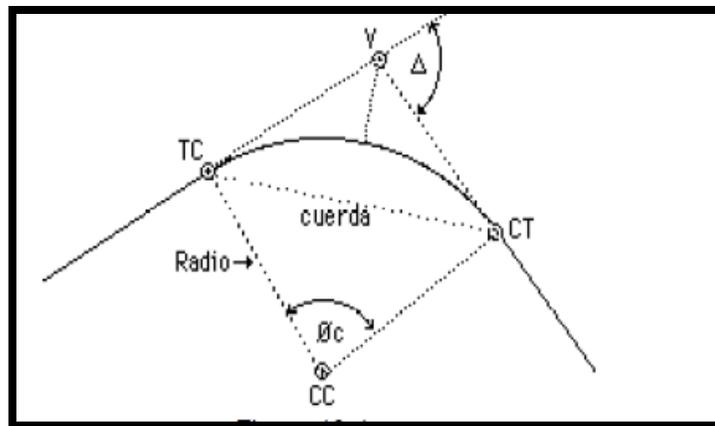


Figura 26. Curvas simple.

Fuente: MTC (1997), Editado por los Autores.

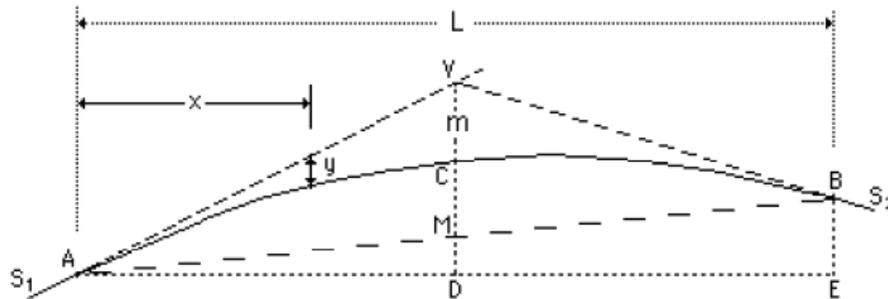
#### 2.13. Curvas verticales

Para enlazar las pendientes de un perfil longitudinal se utilizan curvas verticales, que son arcos de la parábola cuadrada de la forma general (ver figura 27). Esta curva ofrece dos ventajas:

- La variación de las pendientes en la parábola, entre dos tangentes consecutivas, es linealmente proporcional a la longitud de la proyección horizontal de la curva.
- Las cotas sobre la curva pueden calcularse en una forma sencilla.

### 2.13.1. Cálculos de las curvas verticales simétricas

Con el objeto de facilitar el uso de las normas en el proyecto, se incluyen las expresiones más comunes, relativas al cálculo de las cotas de rasante en las curvas verticales



**Figura 27. Curvas verticales simétricas.**

**Fuente: MTC (1997), Editado por los Autores.**

Para estos cálculos, se adoptan las siguientes convenciones:

- En el perfil longitudinal, todas las distancias se miden horizontalmente.
- Según el sentido de las progresivas, las pendientes que suben son positivas y las pendientes que bajan son negativas
- De acuerdo a la convención de signos adoptada,  $k$  tiene signo. Este signo no es significativo para el diseño de la longitud de la curva. Pero debe tomarse en cuenta para calcular la posición de los puntos máximos o mínimos en la curva vertical. Siendo  $k$  una rata, es indiferente que las pendientes se expresen en % o en m/m, siempre que su uso en los cálculos se haga en forma consistente.
- Las abscisas de los máximos y mínimos, que se denominan puntos altos o bajos respectivamente, se calculan mediante la rata de variación.

- La ordenada media  $m$  equivale al semidiámetro del arco de parábola que se está usando, y se calcula por medio de la expresión :
- Las cotas de rasante de la curva vertical pueden calcularse desde su comienzo (Según el sentido de las progresivas). Pueden también calcularse desde el final, con la pendiente  $S_2$  cambiada de signo.

### 2.13.2. Longitud mínima de las curvas verticales

Cuando la diferencia de pendientes es igual o menor a 1%, no es necesario enlazarlas con una curva vertical.

Cuando la diferencia de pendientes es mayor a 1%, la longitud mínima de las curvas verticales se establece según el criterio siguiente:

$$L = 0,60V \text{ Ec. (16)}$$

Dónde:

L: longitud en metros.

V: velocidad de diseño en kph.

Los valores resultantes se redondean por exceso a un múltiplo de 10 m, con lo cual resultan las siguientes longitudes, mostrada en la figura 28:

Velocidad de diseño kph	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Longitud mínima de curva vertical	30	30	40	50	50	60	60	70	80

**Figura 28. Longitud mínima de curvas verticales**

**Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.**

### 2.13.3. Visibilidad de frenado en curvas verticales convexas

En las curvas verticales convexas, es la línea visual del conductor que se ve interrumpida por la cresta de la curva. Para los cálculos, se toman en cuenta los siguientes parámetros

- Altura del ojo del conductor 1,15 m
- Altura del obstáculo 0,15 m
- Distancia de frenado.

Los cálculos se realizan considerando un arco circular equivalente, siendo la rata de variación  $k$  el parámetro predominante en el diseño de una curva vertical, los valores resultantes para ella, según varias velocidades de diseño, se exponen en el gráfico de la figura 29

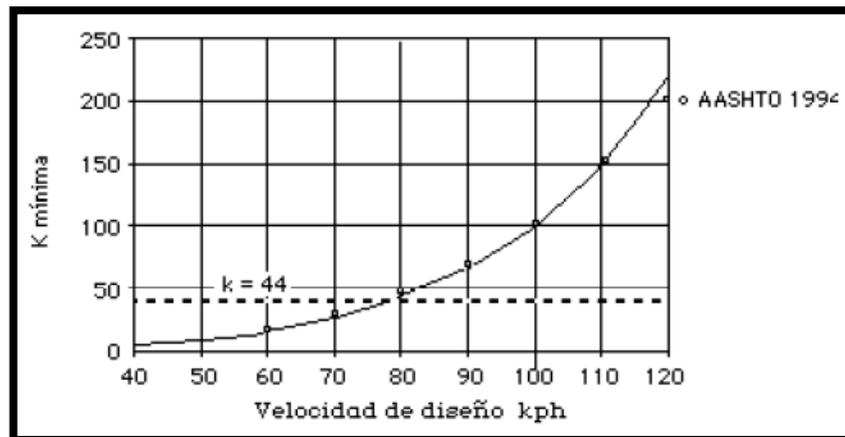


Figura 29. Rata de variación mínima en curvas verticales convexas.

Fuente: MTC (1997), Editado por los Autores.

Se destaca la similitud de los valores adoptados en estas normas, con los de la AASHTO 1994. Se destaca asimismo el valor máximo de  $k$  para las curvas verticales convexas confinadas en una trinchera, para el adecuado drenaje de las cunetas.

#### 2.13.4. Visibilidad de frenado en las curvas verticales cóncavas

En las curvas verticales cóncavas, debe tomarse en cuenta el efecto de la iluminación de los faros. Para ello, además de los parámetros que se adoptaron para las curvas verticales convexas, los cálculos se realizan en forma similar a la anterior, considerando adicionalmente los siguientes valores:

- Altura de los faros sobre el pavimento 0,60 m
- Apertura de los rayos para luz alta 1 grado

#### 2.13.5. Visibilidad de paso en curvas verticales convexas

No es práctica común proveer distancias de visibilidad de paso en curvas verticales convexas. No obstante, en la figura 30 se exponen las longitudes mínimas y las tasas de variación  $k$  resultantes:

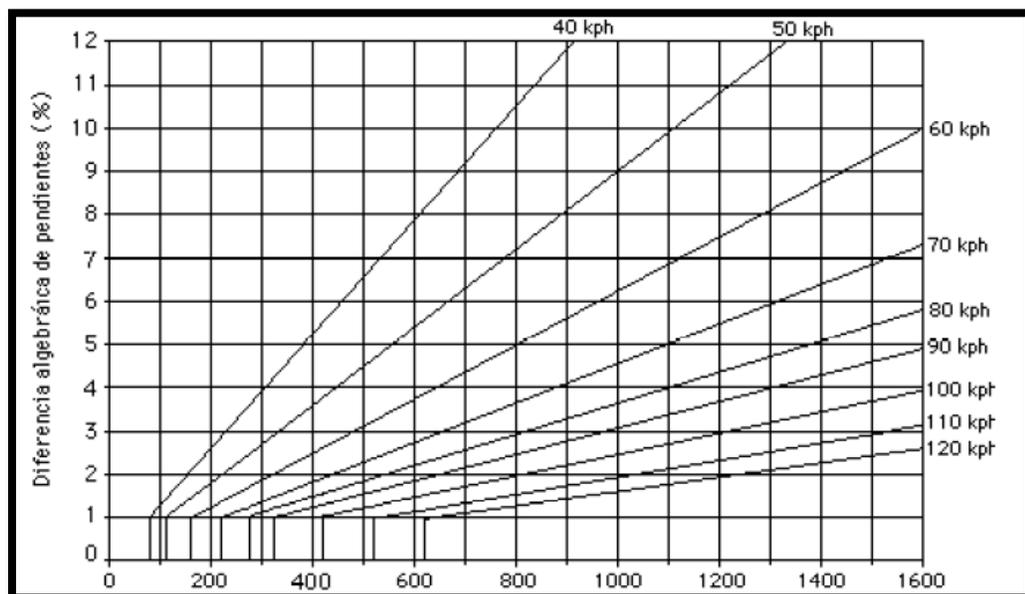


Figura 30. Longitud mínima, en metros, de curvas verticales convexas con visibilidad de paso.

Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.

## 2.14. Pendientes

Las pendientes máximas admisibles en una carretera, dependen de la velocidad de diseño, de la composición del tránsito y del tipo de terreno atravesado, según el MTC1997 las clasifica en la figura 31.

Terreno llano	De 2% a 3%
Terreno ondulado	De 3% a 7%
Terreno montañoso	De 5% a 12%

**Figura 31. Pendientes máximas.**

**Fuente: MTC (1997), editado por los Autores.**

## 2.15. Sobre ancho en curvas

Se define como el sobree ancho de calzada que se le da a las curvas horizontales, con el propósito de mantener el eje del vehículo en el carril de circulación correspondiente, haciendo que las condiciones de operación de los vehículos en curvas, sean similares a las de en la recta, en la figura 32 se muestran los sobree ancho permitidos

<b>RADIO (m)</b>	<b>CALZADA 3,6 M</b>	<b>CALZADA 3,30 M</b>	<b>CALZADA 3,00 M</b>
<b>150</b>	0,30	0.60	0.90
<b>200</b>	0,40	0,45	0,60
<b>250</b>	—	0,30	0,45
<b>300</b>	—	—	0,30

**Figura 32. Sobre-ancho total del pavimento en curva (m) Carreteras de 2 canales**

**Fuente: NORVIAL (1987), editado por los Autores.**

## **2.16. Diagrama de masas**

Es un método gráfico que contribuye a la búsqueda de la economía del proyecto, optimizando la inversión en costo de transporte en los volúmenes de material utilizado para la modificación de terreno, excavando y rellenando sólo lo indispensable y acarreado los materiales a menor distancia. (Op.cit., Pág.39).

### **2.16.1. Objetivos del diagrama de masas**

- Compensar cortes y relleno.
- Fijar el sentido de los movimientos del material.
- Fijar los límites del acarreo libre.
- Calcular los sobre acarreos.
- Controlar lo volúmenes de préstamo.

### **2.16.2. Línea de compensación:**

Es toda línea horizontal que corte por lo menos una onda del diagrama de masas. En el tramo determinado por los puntos donde la línea de compensación corta la onda, los volúmenes de corte y relleno están compensados. En una onda pueden aparecer dos líneas de compensación, la de acarreo libre y la otra de igual o menor longitud que la distancia máxima de acarreo libre.

### **2.16.3. Sentido de movimiento:**

Si los cortes en el diagrama de masa quedan encima de la línea de compensación, se mueven hacia delante (según la progresiva de la vía), y los que quedan debajo de la línea de compensación, se mueven hacia atrás.

#### 2.16.4. Acarreo libre:

Se ha estipulado que dentro del precio de la excavacion se incluye el acarreo libre hasta una distancia de 100 metros, la cual se denomina distancia de acarreo libre. En otras palabras, es la distancia a la cual el acarreo esta incluido dentro del precio de la excavacion.

#### 2.16.5. Sobre acarreo:

Es el transporte del material excavado en el area de la carretera o en minas o lugares de prestamo a una distancia mayor que la establecida como acarreo libre.

#### 2.17. Método AASHTO-93 para pavimentos flexibles

Es un método empírico basado en la determinación del Número Estructural del proyecto (SN), el cual, para efectos de la investigación se ha elegido el AASHTO-93 de pavimentos flexibles, porque a diferencia de otros, éste método introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño, como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave, Kramer y Pardillo (Op.cit., Pág.40).

$$\log_{10} Wt18 = Z_r * S_r + 9,36 * \log_{10} SN + 1 - 0,20 + \frac{\log_{10} \frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}}{0,40 + \frac{1094}{SN+1} 5,19} + 2,3 * \log_{10} M_r - 8,07$$

#### Ec. (17)

Dónde:

**Wt18 = Cargas de ejes equivalentes acumuladas en el período de diseño**

El tráfico es uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos, ya que las cargas de los vehículos son las transmitidas a la estructura del pavimento, mediante dispositivos de apoyo multiruedas (ejes

equivalente,) para el cual se debe determinar la carga total sobre una superficie mayor, con el fin de reducir las tensiones y deformaciones que se producen al interior de la superestructura.

Para obtener este dato es necesario determinar el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el periodo de diseño, a partir de un tráfico inicial medido en el campo a través de aforos. El número y composición de los ejes se determina a partir de las siguientes variables:

#### **a) Cargas máximas por ejes**

En el país los bienes de producción y consumo se transportan básicamente por carretera. La Norma COVENIN 614 actualizada en el año 1992, establece la siguiente reglamentación en cuanto a cargas máximas:

6.000 kg. en eje simple de 2 cauchos

13.000 kg. en eje simple de 4 cauchos

20.000 kg en dos ejes simples consecutivos de 4 cauchos cada uno

27.000 kg en tres ejes simples consecutivos de 4 cauchos cada uno

No existe en Venezuela un control de cargas eficiente; lo dispuesto en la Ley y Reglamentos de Tránsito es "letra muerta", y por ello estas disposiciones son violadas constantemente, lo que ha traído como consecuencia el deterioro prematuro de centenares de kilómetros de vías pavimentadas, causando pérdidas apreciables al Patrimonio Nacional.

#### **b) Factor de Equivalencia para cada tipo de eje**

Eje simple 2 ruedas:

$$F_e = \frac{T_{n \text{ eje simple}}}{6.6}^4 \quad \text{Ec. (18)}$$

Eje doble 8 ruedas:

$$Fe = \frac{0.57 \times Tn \text{ eje tandem}}{8.2} \quad \text{Ec. (19)}$$

**c) Factor direccional (fds)**

El factor de distribución por sentido (fds) permite cuantificar la fracción del total del tránsito que circulará en el sentido de diseño, y sus valores son los que se indican en la figura 33:

Modo de medición del PDT	Valor del fds
En ambos sentidos	0,50
Por sentido de circulación	1,00

**Figura 33. Valores del factor de distribución por sentido**

Fuente: AASHTO-93, Editado por los Autores.

**d) Rata de crecimiento (R)**

Es un factor que toma en cuenta la variación del volumen de tránsito en el período de diseño considerado, y se utiliza para determinar las cargas equivalentes acumuladas. Los valores del Factor de Crecimiento se calculan a partir de la siguiente ecuación

$$R = \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} \quad \text{Ec. (20)}$$

Dónde:

r: Rata de crecimiento anual

n: periodo de diseño

**e) Metodología para el cálculo del Número de Cargas Equivalentes (Wt18) para el diseño de pavimentos**

$$REE: \%VP * fds * TPD * R * 365 * Fc \quad \text{Ec. (21)}$$

Dónde:

%Vp: Porcentaje de vehículos pesados

TPD: Transito promedio diario.

Fc: Factor camión

**ZR = Factor de desviación normal**

Se define como el grado de confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento, siendo uno de los parámetros importantes introducidos por la AASHTO al diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las solicitaciones exteriores. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado. (Ver figura 34)

Clasificación de la vía	Urbana	Rural
Autopistas	85-99,9	80-99,9
Troncales	80-99	75-95
Locales	80-95	75-95
Ramales y Vías Agrícolas	50-80	50-80

**Figura 34. Niveles recomendados de confiabilidad**

**Fuente: AASHTO-93, editado por los autores.**

Confiabilidad (R)	Valor de ZR
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

**Figura 35. Valores de ZR**

**Fuente: AASHTO-93, Editado por los autores.**

**So = Desviación estándar**

Éste factor evalúa los datos dispersos que configuran la curva real de comportamiento del pavimento, en función de las variaciones del tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio. El rango de desviación estándar sugerido por AASHTO se encuentra entre los siguientes valores mostrado en la figura 36.

Condición de Diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 — 0.50 <i>(0.45 valor recomendado)</i>

**Figura 36. Valores de Desviación Estándar**

**Fuente: AASHTO-93, Editado por los autores**

**$\Delta$ PSI = índice de pérdida de Serviciabilidad (Condición de servicio prevista en el diseño)**

El Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_o$ ) en función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles fue de 4,2.

El Índice de Serviciabilidad Final ( $P_t$ ), es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña.

- a) Para vías con características de autopistas y troncales de mucho tráfico se recomienda un  $P_t$  de 2.5 – 3.0.
- b) Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas interurbanas un  $P_t$  de 2.0 – 2.5.

- c) Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor Pt de 1.8 – 2.0.

Los criterios de aceptación por el público usuario de una vía, en función de la condición de servicio, que pueden servir como indicadores para la adecuada selección del valor de servicapacidad final se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta \text{PSI} = P_o - P_t \quad \text{Ec. (22)}$$

### MR = Módulo Resiliente Subrasante

Para el diseño de pavimentos flexibles deben utilizarse valores medios resultantes de los ensayos de laboratorio en la subrasante y de las capas de bases y sub-bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares); las diferencias que se puedan presentar están consideradas en el nivel de confiabilidad R. (Ver figura 37)

Calidad de subrasante	CBR <sub>sat</sub> (%)
Muy pobre	2
Pobre	3
Regular	4
Buena	5
Muy Buena	8

**Figura 37. Clasificación de la Subrasante**

**Fuente: AASHTO-93, Editado por los autores.**

Las ecuaciones de correlación recomendadas son las siguientes:

- a) Para materiales de sub-rasante con CBR igual o menor a 7,2%

$$MR = 1.500 * CBR \quad \text{Ec. (23)}$$

- b) Para materiales de sub-rasante con CBR mayor de 7,2% pero menor o igual a 20,0%

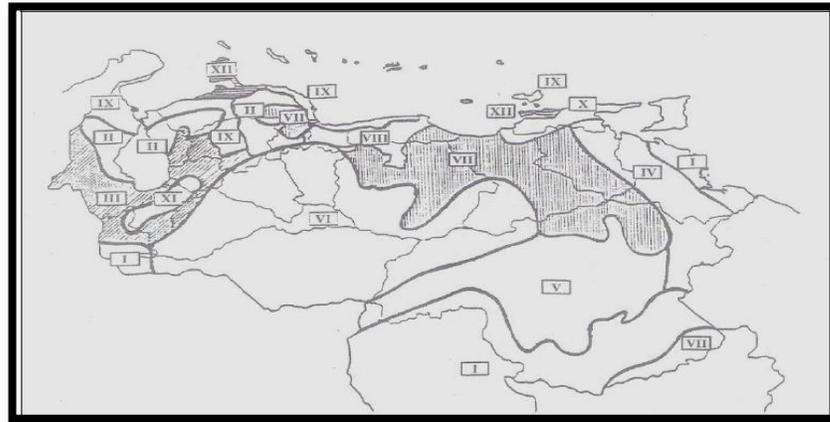
$$MR = 3.000 * (CBR)^{0.65} \quad \text{Ec. (24)}$$

- c) Para materiales de sub-rasante con valores de CBR mayores a 20,0%, se deberán emplear otras formas de correlación, tal como la recomendada por la propia Guía de Diseño AASHTO-93:

$$MR = 4.326 * \ln(CBR) + 241f \quad \text{Ec. (25)}$$

El valor soporte de la subrasante o fundación del pavimento debe caracterizarse en términos de Módulo Resiliente (Mr ponderado), en función de las condiciones de humedad a que estaría sometido el suelo a lo largo del año, ya que esta condición afecta su valor soporte, en especial en suelos finos arcillosos. Estas relaciones pueden ser del tipo: Módulo Resiliente en invierno = 20 a 30% del Módulo en verano.

Para la aplicación del método se sugiere dividir el país en doce (12) zonas en función de las características predominantes en cada una de ellas. En la figura 39 se muestra convencionalmente para registrar las variaciones del módulo resiliente a lo largo del año, de acuerdo a la zona en la cual se ubica la vía cuyo pavimento se encuentra siendo diseñado.



**Figura 38. Distribución de los suelos venezolanos según la condición de humedad.**

**Fuente: Validación del Método AASHTO-93 para Venezuela.  
Editado por los autores**

ZONA CLIMÁTICA	MESES DE CONDICIÓN		
	SECA	HÚMEDA	SATURADO
I	2	2	8
II	6	4	2
III	3	3	6
IV	4	4	4
V	6	2	4
VI	5,5	3	3,5
VII	6	3	3
VIII	7	3	2
IX	10	1,5	0,5
X	7	4	1
XI	5	5	2
XII	12	0	0

**Figura 39. Números de meses del suelo en condiciones de saturación, humedad cercana a la óptima y seca.**

**Fuente: Validación del Método AASHTO-93 para Venezuela, Editado por los autores**

Mes	Módulo Resiliente Suelo $M_R$ (psi)	Daño Relativo $U_f$
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		
Sumatoria: $\Sigma U_f =$		

**Figura 40. Abaco daño relativo**

**Fuente: AASHTO-93, Editado por los autores**

Una vez conocidos los valores de MR del material para cada estado de humedad, se determina el correspondiente "Valor de Daño Relativo (f)", a partir de la siguiente ecuación:

$$uf = 1.18 \times 10^8 \times MR^{-2.32} \quad \text{Ec. (26)}$$

### Módulos resilientes para materiales de sub-bases y bases no tratadas

Tal como es el caso de los materiales de sub-rasante, no es fácil disponer de estos equipos de laboratorio en Venezuela, y debe recurrirse a métodos de estimación por correlación, o fundamentándose en fórmulas sencillas.

$$E_{sb} = K_1 \emptyset^{K_2} \quad \text{Ec. (27)}$$

El valor del coeficiente  $K_1$ , que es función del estado del material, será de 7.000 para el caso de que el material esté seco, de 5.400 para cuando está húmedo, y de 4.600 para el caso de que esté saturado. El valor de  $K_2$  se toma como 0,60. En la figura 41 se presentan los valores de  $\emptyset$ , que son función del espesor esperado de mezclas asfálticas en la estructura de pavimento.

Espesor de asfalto (cm)	$\emptyset$
< 5,0	10,0
$\geq 5,0 \leq 10,0$	7,5
> 10,0	5,0

**Figura 41. Determinación de valores  $\emptyset$**

**Fuente: AASHTO-93, Editadas por autores.**

Para el caso de bases granulares:

$$E_b = K_1 \emptyset^{K_2} \quad \text{Ec. (28)}$$

El coeficiente  $K_1$ , función de la humedad del material de base, varía entre un valor de 8.000 cuando está seco, 9.000 cuando está húmedo, hasta 3.200

cuando se encuentra saturado. El coeficiente K2, por su parte varía entre 0,50 y 0,70, adoptándose 0,60 como valor más frecuente. (Ver figura 42)

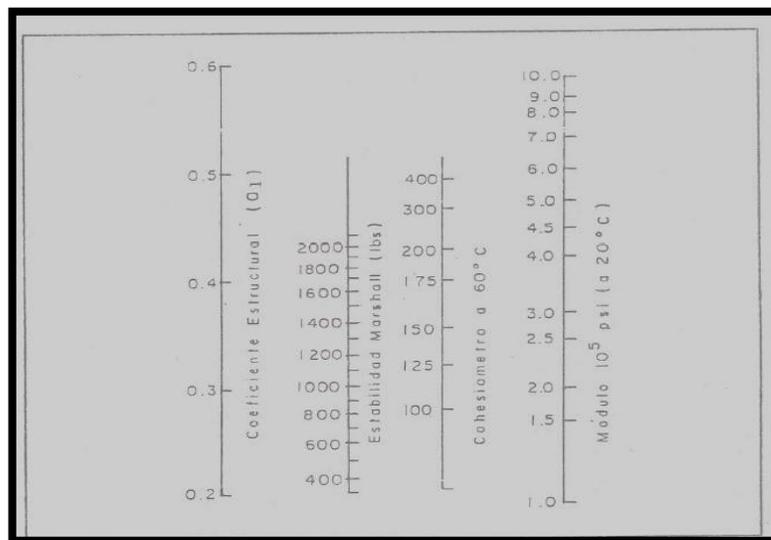
espesor de asfalto (cm)	MR de la subrasante		
	3.000	7.500	15.000
< 5,0	20	25	30
≥ 5,0 < 10,0	10	15	20
≥ 10,0 < 15,0	5	10	15
> 15,0	5	5	5

**Figura 42. Determinación de valores  $\emptyset$**

**Fuente: AASHTO-93, Editadas por autores.**

**Coeficientes estructurales de los diversos materiales y mezclas que conforman la estructura del pavimento.**

El coeficiente estructural para carpeta de concreto asfáltico  $a_1$ , se establece partir de la estabilidad Marshall de la mezcla, se utiliza el gráfico de la figura 43.



**Figura 43.  $a_1$  Para carpeta de concreto asfalto**

**Fuente: AASHTO-93, Editadas por autores.**

Coefficiente estructural para bases granulares ( $a_2$ ):

$$a_{base\ granular} = 0,249 \log_{Eb} - 0,977 \quad \text{Ec. (29)}$$

Coefficiente estructural para sub- bases ( $a_3$ )

$$a_{sub-base} = 0,227 \log_{Esb} - 0,839 \quad \text{Ec. (30)}$$

**SN = Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones de diseño.**

Una vez que las variables de diseño mencionadas anteriormente son introducidas en la ecuación, se resuelve la misma con la finalidad de obtener el Numero Estructural (SN), ésta se simplifica por medio de interacción, en vez de despejar SN. Se introducen todas las variables de diseño en el nomograma que se muestra en la figura 44.

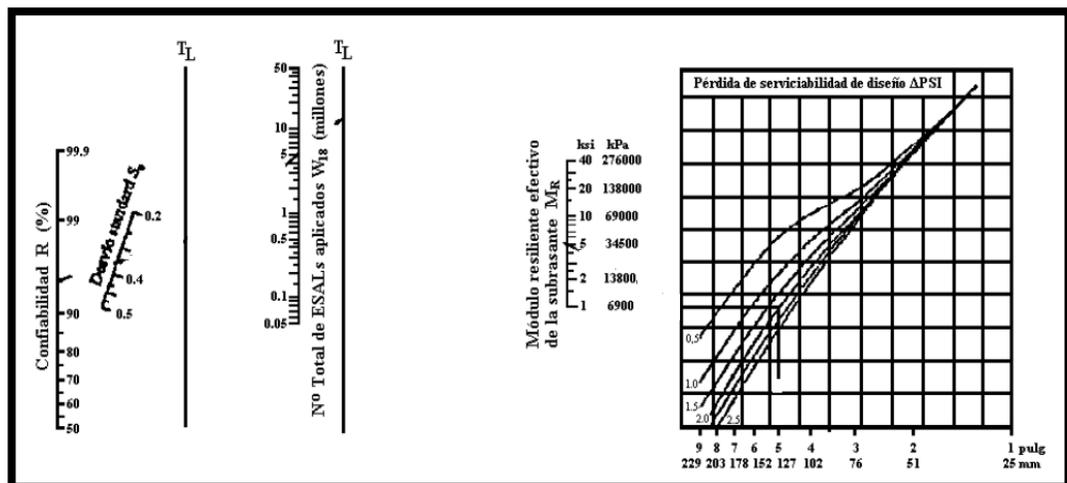


Figura 44. Nomograma para resolver la Ecuación AASHTO 93

Fuente: AASHTO-93, Editadas por autores.

### ZB = Características estructurales del drenaje

Nivel de Drenaje	Agua eliminada dentro de
Excelente	Dos (2) horas
Buena	Un (1) día
Regular	Una (1) semana
Pobre	Un (1) mes
Muy pobre	El agua no drena

**Figura 45. Características del drenaje según material base y sub-base**

**Fuente: AASHTO 93, Editadas por autores.**

En Venezuela se emplea cada día con más frecuencia la figura 46, la cual ha sido propuesta por el Ing. Augusto Jugo, en la que se toma en consideración la información de humedad regional.

Calidad del drenaje del material empleado en la base y/o sub-base	% del tiempo con la estructura próxima a saturación			
	1%	1% al 5%	5% al 25%	> 25%
	Región del país			
	XII	IX	II, VII, VIII, X, XI	I, III, IV, V, VI
Excelentemente drenante	1,20	1,20	1,20	1,20
Bien drenante	1,20	1,20	1,10	1,00
Regularmente drenante	1,20	1,10	0,90	0,80
Mal drenante	1,10	0,90	0,80	0,80
Muy mal drenante	1,00	0,85	0,80	0,80

*Tabla 2: Valores de coeficientes de drenaje para materiales granulares de sub-bases y bases.*

**Figura 46. Humedad regional.**

**Fuente: Validación del Método AASHTO-93 para Venezuela, Editadas por autores**

**Espesores mínimos para las diferentes capas que conforman la vialidad.**

a) Ecuaciones para espesores en capa de asfalto

$$d_1 * \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad \text{Ec. (31)}$$

$$SN_1 * = a_1 d_1 * \geq SN_1 \quad \text{Ec. (32)}$$

b) Ecuación para espesores en capa base

$$d_2 * \geq \frac{SN_2 - SN_1 *}{a_2 m_2} \quad \text{Ec. (33)}$$

$$SN_1 * + SN_2 \geq SN_2 \quad \text{Ec. (34)}$$

c) Ecuación para espesores en capa sub-base

$$d_3 * \geq \frac{SN_3 - (SN_2 * - SN_1 *)}{a_3 m_3} \quad \text{Ec. (35)}$$

## **2.18. Método Racional**

Método racional, es un método que permite obtener el gasto de diseño para la obras de drenajes superficiales, el cual debe ser comparado con la capacidad vial para así poder definir si es o no necesario la inserción de sistemas que recolecten y dirijan las aguas de lluvia, siempre y cuando la cuenca vertiente tenga un tiempo de concentración no superior a 6 horas, o en áreas menores 13 Km<sup>2</sup>, siendo más preciso en áreas menores a 4 Km<sup>2</sup>.

Fórmula de gasto de Diseño

$$Q = C.I.A \quad \text{Ec. (36)}$$

Dónde:

Q: Gasto de diseño en Litros/Seg

C: Coeficiente de escorrentía, que representa la relación entre el gasto máximo y la precipitación.

I: intensidad promedio de la lluvia y viene expresada en Litro/Seg/Ha

A: Área de la cuenca contribuyente en Has

### 2.18.1. Tiempo mínimo de concentración

Tiempo requerido para que el agua llegue desde el punto más distante de agua drenada hasta el punto de consideración, el MOP 1987 recomienda usar los tiempos mínimos de concentración de la figura 47.

Brocales, cunetas y sumideros que drenan áreas pavimentadas, menores de 2 Has....	5 minutos
Brocales, cunetas y sumideros que drenan áreas pavimentadas mayores de 2 Has. y áreas mixtas (pavimentadas y con vegetación).....	10 minutos

**Figura 47. Tiempo de concentración**

**Fuente: MOP 1987, Editadas por autores.**

### 2.18.2. Periodo de retorno

Estadísticamente es el periodo promedio entre la ocurrencia de una creciente de cierta magnitud y la ocurrencia de otra igual o mayor y se expresa en años. (Ver figura 48)

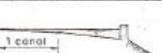
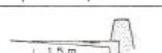
LIMITE DE INUNDACION PERMISIBLE EN VIAS EN ZONAS RURALES					
CARACTERISTICAS DEL DRENAJE	LIMITE DE LA ZONA INUNDABLE	FRECUENCIA DE LA LLUVIA DE DISEÑO (años)			
		AUTOPISTAS	CARRETERAS		
			TIPO A y B	TIPO C y D	
Drenaje hacia y por las cunetas.	 Borde superior de la cuneta.	10	10	10	
	 Borde superior del hombrillo.	25	15	—	
	 Un metro y medio del ancho de la calzada. 1.5m	50	25	—	
Cunetas para la protección de los terraplenes.	 Borde superior de la cuneta.	50	50	25	
Bracales para la protección de los terraplenes.	 Tapa del brcal o un canal de tránsito. 1 canal	50	50	25	
Drenajes hacia ventanos en la isla central.	 Un metro del ancho de la calzada. 1m	25	—	—	
Sumideros ubicados en puntos bajos y depresiones.	 Un metro y medio del ancho de la calzada. 1.5m	50	25	—	

Figura 48. Periodo de retorno

Fuente: MOP 1987. Editadas por autores.

### 2.18.3. Intensidad de la lluvia

En el país se han dividido dieciocho regiones con iguales características de precipitación, donde se ha preparado una curva de intensidad-frecuencia y duración. (Ver figura 49)

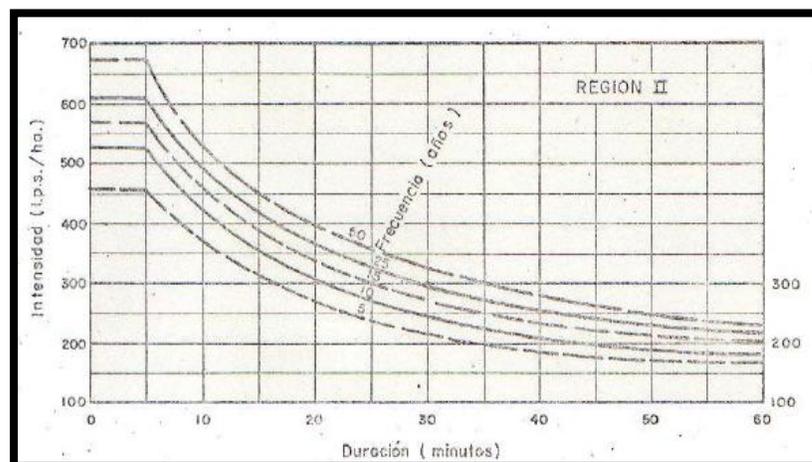


Figura 49. Intensidad de la lluvia

Fuente: MOP 1987, Editadas por autores.

#### 2.18.4. Coeficiente de escorrentía

Lo define como un factor importante a la hora de realizar un diseño, ya que permite conocer la cantidad de agua que no se infiltra en el sub suelo, que no se evapora y que se almacena temporalmente en el terreno y su posterior traslado a través de los sistemas de drenajes superficiales. (Ver Figura 50

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		50%	20%	5%	1%	
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0,90	0,75	0,70	0,65	0,60
	SEMIPERMEABLE	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	PERMEABLE	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	SEMIPERMEABLE	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	PERMEABLE	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	SEMIPERMEABLE	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	PERMEABLE	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	SEMIPERMEABLE	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	PERMEABLE	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
BOSQUES DENSA VEGETACION	IMPERMEABLE	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	SEMIPERMEABLE	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	PERMEABLE	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

**Figura 50. Coeficiente de escorrentía.**

**Fuente: MOP 1987, Editadas por autores.**

Dicho coeficiente depende de varios factores entre los cuales el MOP 1967 considera como principales, la permeabilidad del suelo, la cobertura vegetal y la topografía.

Suelos impermeables: rocas, arcilla, limos arcillo-

Suelos semipermeables: Arenas limosas, turba, arenas  
gravas finas con alto contenido arcilloso.

Suelos permeables: gravas, arenas, suelos de alto -  
arenoso.

**Figura 51. Permeabilidad del suelo**  
Fuente: MOP 1987, Editadas por autores.

Ninguna vegetación.

Cultivos.

Pastos y vegetación ligera

Hierba corta y grama

Bosques y vegetación densa.

**Figura 52. Cobertura vegetal**

Fuente: MOP 1987, Editadas por autores

III.3.3.1 Pendientes pronunciadas: mayores de 50% , tales como las que se aprecian en las serranías altas y en las montañas y colinas inclinadas.

III.3.3.2 Pendientes altas: entre 20 y 50% tales como las que se aprecian en las colinas.

III.3.3.3 Pendientes medias: entre 5% y 20% tales como las que se aprecian en las terrazas y mesetas inclinadas.

III.3.3.4 Pendientes suaves: entre 1% y 5%, tales como las que se aprecian en las altiplanicies y valles de aluvión.

III.3.3.5 Pendientes despreciables: menores de 1%, tales como las que se aprecian en los llanos.

**Figura 53. Pendientes del terreno**

Fuente: MOP 1987, Editadas por autores.

### 2.18.5. Área

Es la proyección de la superficie terrestre, aguas arriba en el punto de consideración, sobre un plano horizontal. El área se mide sobre planos topográficos donde se ha establecido previamente la divisoria de aguas.

### 2.19. Descarga de diseño

Se define como la cantidad máxima de caudal que puede pasar por una estructura de drenaje (longitudinal o transversal), sin alterar su diseño, por lo cual, se deben definir las características de los cuerpos de agua cercanos a los linderos de la carretera. (Op.cit., Pág.39).

### 2.20. Cunetas

De acuerdo con el MOP 1987, son obras de drenaje superficial que se encuentran de forma longitudinal sobre la vialidad, que ayudan al traslado de las aguas que caen sobre la superficie de la carretera, evitando el desgaste y mal funcionamiento del asfalto, producto de las aguas pluviales. Las cunetas pueden ser de tierra o revestidas de concreto (Ver figura 54)

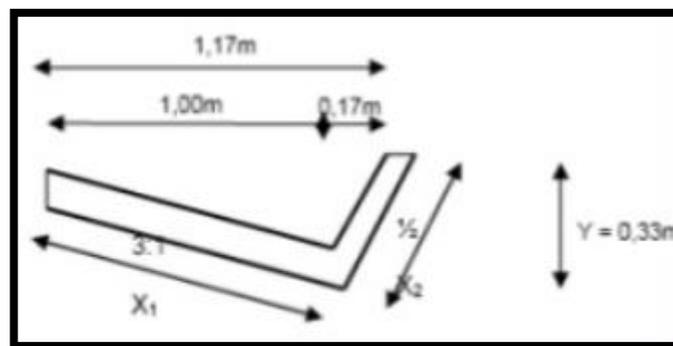


Figura 54. Cuneta Tipo A

Fuente: MOP 1987, Editadas por autores

### 2.20.1. Caudal (Q) de la cuneta

( Ver figura 55)

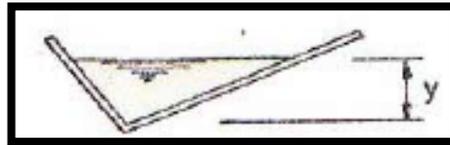


Figura 55. Caudal de la cuneta

Fuente: MOP 1987, Editadas por autores

$$Q = K \times S^{\frac{1}{2}} \times y^{\frac{8}{3}} \quad \text{Ec. (37)}$$

Dónde:

Q: caudal de la cuneta.

K: Constante según la cuneta Tipo. (figura 56)

S: pendiente de la cuneta.

Y: profundidad de la cuneta en cm.

TIPO	K
A	0.312
B	0.464
C	0.242
D	0.239

Figura 56. Valores de K

Fuente: MOP 1987, Editadas por autores.

### 2.20.2. Velocidad media de la cuneta

En el diseño de las cunetas se debe asegurar de que la velocidad en la cuneta no es superior a la velocidad que produce erosiones sobre las paredes de la misma. De hecho, el diseño suele consistir en esto, ya que no es frecuente realizar el cálculo hidráulico de cunetas, pues sus dimensiones mínimas constructivas son, generalmente, superiores a las necesarias para desaguar el agua procedente de estas pequeñas cuencas.

$$\text{Velocidad Media: } \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. (38)}$$

Dónde:

- **R = Radio hidráulico**

$$R = \frac{A}{P_M} \quad \text{Ec. (39)}$$

- **Pm = Perímetro mojado**

$$P_M = ( \overline{Y^2 + B_1^2} ) + ( \overline{Y^2 + B_2^2} ) \quad \text{Ec. (40)}$$

- **B = Base de la cuneta**

$$B = B_1 + B_2 \quad \text{Ec. (41)}$$

- **A = Área de la cuneta**

$$A = \frac{B * H}{2} \quad \text{Ec. (42)}$$

## 2.21. Velocidades máximas recomendadas de salida

Las obras de drenaje tanto transversal como longitudinal, generalmente producen velocidades mayores a las del cauce natural, las cuales alcanzan su valor máximo y por lo tanto su valor máximo de erosión, a la salida. Por lo tanto, es imprescindible calcular la velocidad de salida con el fin de compararlas con la figura 57.

TIPO DE SUELO	VELOCIDADES EN m/s.
Arena fina- no coloidal	0.75
Greda arenosa - no coloidal	0.75
Greda limosa - no coloidal	0.9
Greda firme	1.0
Grava fina	1.2
Arcilla dura - muy coloidal	1.4
Limos aluvionales - coloidales	1.4
Limos aluvionales - no coloidales	0.9
Materiales gradados - no coloidales	
Greda a grava	1.4
Limo a grava	1.6
Esquisto arcilloso	1.8
Grava	1.8
Grava gruesa	2.0
Grava a cantos rodados	2.3

**Figura 57. Velocidades máximas recomendadas de salida**

**Fuente: MOP 1987, Editadas por autores**

**2.21.1. Recubrimiento de canales**  
(Ver figura 58)

RECOMENDACIONES PARA EL RECUBRIMIENTO DE CANALES		
VELOCIDAD MAXIMA	ESPEJOR DEL RECUBRIMIENTO	
	LAJOS	FONDO
PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFALTICO		
2.5 m/s	0.05	0.07
3.0 m/s	0.08	0.10
PAVIMENTOS DE CONCRETO		
3.0 m/s	0.08	0.10
5.0 m/s	0.12	0.15
5.0 m/s	0.15	0.20

**Figura 58. Recomendaciones para el recubrimiento de canales**

**Fuente: MOP 1987, Editadas por autores.**

## **CAPÍTULO III.**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Según Arias, F. (2006), expresa:

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

Por consiguiente, queda sustentado que este trabajo se localizó en una investigación de campo, en vista, que se indagó la situación existente en el lugar donde ocurren los hechos, en el cual, se estableció su estructura y comportamiento, basado en la interpretación, observación, registro y definición de los datos recopilados; en donde se describe el procedimiento para realizar el diseño de una vía operacional entre el tramo del puente sobre Rio Claro hasta la U.B.C.P JB-21, de PDVSA. Distrito Junín Sur, Municipio Monagas, Estado Anzoátegui.

Adicionalmente, el proyecto atendió a un tipo de investigación documental, donde Arias, F. (2006), explica que “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales” (p.27), ya que se recolectó y aplicó información impartida en normas y teorías existentes necesarias para la formulación de los diseños propuestos.

### 3.2. Nivel de investigación

Según el nivel de profundidad, la investigación se ubica en el descriptivo, de acuerdo Arias, F. (2006), dice que: “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24).

En ese mismo sentido, queda sustentado que este trabajo se circunscribió en una investigación de nivel descriptivo, debido a que se indagó la situación existente en el lugar donde ocurren los hechos, es decir, no se buscó verificar una hipótesis, sino que a partir de modelos teóricos definidos con anterioridad se levantó la información de la situación actual de la vía operacional en el tramo Río Claro – U.B.C.P. JB-21 y la descripción de la aplicación de los distintos métodos de diseño, partiendo de las consideraciones técnicas correspondientes, contempladas en las normas utilizadas en la investigación.

### 3.3. Técnica a utilizar

#### 3.3.1. Técnicas

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información, es decir, es el procedimiento que permitió la obtención de los datos para verificar las interrogantes formuladas con anterioridad, para el logro de los objetivos propuestos.

- **Observación Directa:** Se llevó a cabo mediante visitas guiadas al sitio de estudio, donde se observó la geografía del terreno, los diferentes volúmenes de tránsito para el aforo vehicular, sistemas de drenaje y señalizaciones que se encuentren en la vialidad.

- **Revisión Documental:** Se analizó la documentación existente y la solicitada a PDVSA - Distrito Junín Sur, sobre la topografía original del terreno y estudios de suelos realizados en el área de estudio, así como también se consultó los diferentes manuales y normas como: NORVIAL, MOP (1967), AASHTO (1993) y MOP (1965), necesarios para la formulación de los diferentes diseños de la vía operacional.
- **Entrevistas Personales:** Se realizaron entrevistas no estructuradas dirigidas al personal que labora en la Gerencia de Infraestructuras de Procesos de Superficie (GIPS), encargada del área de construcción en el Distrito Junín Sur, para así implantar un buen diseño de vialidad acorde a las necesidades de flujo de vehículos, maquinarias y equipos entre las macollas del Distrito.

### 3.3.2. Instrumento

La aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada en un medio material, de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente, a dicho soporte se le denomina instrumento.

- **Materiales de oficina:** Empleados para obtener, registrar y almacenar aspectos relevantes de la investigación, recabados de las fuentes bibliográficas indagadas y de visitas al área en estudio, el cual se utilizó lápiz y libreta, donde se anotaron todas las observaciones y cálculos realizados, igualmente se utilizó la computadora y sus unidades de almacenaje (Disco duro, puerto USB), para la interpretación, redacción y almacenamiento de la información recopilada.

- **Memoria USB (Pendrive):** Utilizado para el resguardo de la información suministrada por PDVSA Distrito Junín Sur, y así como los diferentes manuales y normas recopiladas de las referencias bibliográficas relacionadas con el buen diseño de vialidad.
- **Software:** Permitió transcribir, guardar, corregir y presentar en digital toda la información recolectada, así como también permitió la utilización de programas como AUTOCAD, Microsoft EXCEL, Microsoft WORD para el análisis de los datos y la elaboración de la ingeniería de detalle en los objetivos planteados.

#### **3.4. Análisis de los Datos**

En ese sentido, para efectos de este trabajo, una vez aplicada la observación directa, la entrevista no estructurada y la recolección de datos, se procedió a analizarse a través de las normativas y manuales de procedimientos en las áreas respectivas, NORVIAL, MOP (1967), AASHTO (1993), para luego reflejarlos en el programa comercial AutoCAD 2016.

## **CAPÍTULO IV.**

### **ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS**

#### **4.1. DISEÑO GEOMÉTRICO**

##### **4.1.1. Planificación de la carretera, capacidad y nivel de servicio**

Las carreteras se pueden catalogar a partir de diferentes criterios ya sea por uso, funcionalidad y geometría. A continuación se presentan las diferentes clasificaciones definidas en el capítulo II, que se usaron para este diseño, cuyas características han sido tomadas de la publicación "NORVIAL: Vocabulario Vial", editadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones en Mayo de 1997:

- Clasificación Administrativa

Según la figura 5, se clasifica como sub-ramal, debido a que es la única vía de acceso que conecta con la carretera nacional troncal 15 de Zuata, San Diego y Pariaguán, donde sólo se genera un tránsito producto de la perforación petrolera.

- Clasificación funcional

Se ubicará como carretera local ya que solo provee accesos a los diferentes tipos de tránsito desde el Centro de bombeo hacia las distintas U.B.C.P. del Distrito Junín Sur, de acuerdo a lo establecido por la figura 6.

- Clasificación según su geometría.

Partiendo de la vialidad ya existente y de la figura 7, la propuesta tendrá dos carriles, uno por sentido y sin divisorias, ubicándola según su geometría en una carretera. El NORVIAL con el fin de facilitar la clasificación

geométrica desde el punto de vista de diseño, y en la figura antes mencionada, la describe como una carretera de tipo principal de acuerdo a su velocidad de diseño y volumen diario.

#### **4.1.2. Tránsito**

Mediante el análisis de los componentes del tránsito, se establecieron las características que determinaron el nivel de eficiencia y funcionabilidad de la misma. Las variables que lo componen son las siguientes:

- Tránsito promedio diario (TPD)

Ante la imposibilidad de obtener datos actualizados a través de fuentes de información confiables, se realizó la evaluación de los factores a partir de un estudio de volumen de tránsito mediante métodos de aforos. Consistió en obtener datos de volúmenes de tránsito a través de conteos vehiculares manuales, permitiendo la clasificación de vehículos por tamaño, tipo, y otras características.

Tomando en cuenta que para la realización de aforos con períodos de tiempo mayores a una semana se hacen mediante aparatos electromecánicos, que resultan ser muy costosos, y en vista que no es el único objetivo de estudio, se efectuó un aforo con un período de cinco días, en las horas de mayor circulación, siendo estas las comprendidas entre 7 a.m. hasta las 2 p.m., en las que laboran la mayor parte del personal del Distrito Junín Sur en su jornada diaria.

##### Consideraciones generales del aforo vehicular

- Los conteos fueron realizados durante 5 días, siendo estos: lunes, martes, miércoles, jueves, viernes.

- Los conteos se realizaron durante 4 horas diarias, con el objetivo de identificar lo más claramente posible, el comportamiento del flujo vehicular durante las horas de mayor actividad.
- Las horas de conteo fueron desde las 07:00 AM hasta 2:00 PM, en intervalos de una hora de conteo y una hora libre, con el objetivo de evaluar posibles variaciones horarias.
- Luego se planteó un promedio entre los 4 aforos, para estimar el volumen de vehículos por hora.
- Los vehículos que se desplazaran a través de la ruta que influirá en el diseño de la carretera fueron agrupados de acuerdo a la figura 10:
  - a) Vehículos livianos (camionetas, furgonetas)
  - b) Camiones, volteos
  - c) Semi-remolques (carga pesada y extra)

Los datos obtenidos se muestran en la tabla:

	LUNES			MARTES			MIERCOLES			JUEVES			VIERNES		
	V	C	S	V	C	S	V	C	S	V	C	S	V	C	S
7:00 a.m.	8	4	6	12	4	6	9	2	6	11	2	4	12	6	8
8:00 a.m.															
9:00 a.m.	5	5	2	9	3	5	6	1	4	9	-	3	8	4	3
10:00 a.m.															
11:00 a.m.	7	3	4	6	5	-	4	5	3	3	4	1	7	2	4
12:00 m.															
1:00 p.m.	6	2	5	8	1	2	7	2	7	6	3	2	3	-	5
2:00 p.m.															

**Tabla 1. Aforo de vehículos**

**Fuente: Autores.**

Dónde:

V = Vehículos livianos (camionetas, furgonetas).

C = Camiones, volteos.

S = Semi- remolques (carga pesada y extra pesada).

LUNES	6.5 Veh/h	3.5 Cam/h	4.25 Sem. R./h
MARTES	8.75 Veh/h	3.25 Cam/h	3.25 Sem. R./h
MIERCOLES	6.5 Veh/h	2.5 Cam/h	5 Sem. R./h
JUEVES	7.25 Veh/h	2.25 Cam/h	2.5 Sem. R./h

15 Veh/hora

VIERNES	7.5 Veh/h	3 Cam/h.	4 Sem. R./h
TOTAL PROMEDIO	<b>7.3 ≈ 8</b>	<b>2.9 ≈ 3</b>	<b>3.8 ≈ 4</b>

**Tabla 2. Promedio Diario**

**Fuente: Autores.**

Vehículos livianos = 55.88%

Camiones, volteos = 14.70%

Semi- remolques = 29.41%

Para determinar las horas de mayor circulación se entrevistó a los trabajadores y usuarios de la ruta, lo que manifestó que el flujo vehicular con mayor actividad, se da en las horas comprendidas de la jornada laboral entre las 6 A.M. hasta las 4 P.M., posterior a esas horas el tránsito es prácticamente muy bajo, por lo que se optó en utilizar principalmente el volumen comprendido en las horas de la jornada de trabajo, sin embargo se utilizará un 20% del total de vehículos por hora, ya que se encuentra una pequeña parte del personal de guardia de los taladros y trabajadores que pernoctan en el Centro de Bombeo Junín.

Dónde el Transito Promedio Diario es:

$$TPD = (10 \text{ horas} \times 15 \text{ Veh/hora}) + (14 \text{ horas} \times (0.20 \times 15 \text{ Veh/hora}))$$

$$TPD = 192 \text{ Vehículos}$$

- Factor de Hora Pico (FHP)

Para calcular el FHP, los volúmenes de demanda fueron medidos en tazas de flujo de intervalos menores a 60 minutos, llevados a intensidades de 5 minutos, sobre la hora de mayor demanda, el cual, se optó por realizar el análisis del FHP durante las horas comprendidas de 7:00 A.M. a 8:00 A.M,

debido a poseer la mayor frecuencia de 3 vehículos en un tiempo de 5 minutos, como se observa en la tabla siguiente

		LUNES			MARTES			MIERCOLES			JUEVES			VIERNES		
		V	C	S	V	C	S	V	C	S	V	C	S	V	C	S
7:00 a.m.	7:05 a.m.	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-
7:05 a.m.	7:10 a.m.	-	1	1	-	1	2	-	1	-	-	1	1	-	1	2
7:10 a.m.	7:15 a.m.	2	-	1	1	-	-	1	-	-	2	-	-	2	-	-
7:15 a.m.	7:20 a.m.	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	1	1	1	1
7:20 a.m.	7:25 a.m.	-	1	1	1	-	1	2	-	-	1	-	-	2	-	1
7:25 a.m.	7:30 a.m.	1	-	1	2	-	-	2	-	1	2	-	-	-	2	-
7:30 a.m.	7:35 a.m.	2	-	-	2	1	-	1	1	-	2	-	1	-	-	-
7:35 a.m.	7:40 a.m.	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	2
7:40 a.m.	7:45 a.m.	1	-	1	1	-	1	1	-	-	1	-	-	2	1	-

7:45 a.m.	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	1
7:50 a.m.															
7:50 a.m.	1	1	1	1	-	2	1	-	1	2	-	-	-	1	-
7:55 a.m.															
7:55 a.m.	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	2	-	1
8:00 a.m.															
	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>8</b>

**Tabla 3. Aforo de 5 minutos**

**Fuente: Autores**

Para determinar el factor en la siguiente ecuación:

Dónde:

FHP = 20Veh/h promedio semanal de la hora 7:00 A.M. - 8:00 A.M.

Mayor volumen en 5' = 3 Vehículos.

$$FHP = \frac{20}{3 * 12} = 0.55 \quad \text{Ec. (1)}$$

- Vehículos de diseños

Las normas que rigen el proyecto de calles y carreteras, se basan en gran parte en las dimensiones y características de operación de los vehículos, por ello se considera un vehículo hipotético.

Basado en lo anterior se fija como vehículo de diseño el tipo Semi-remolque WB-12, definido en la figura 11, cuyas dimensiones, peso y

características de operación, serán utilizados para establecer los lineamientos que regirán el proyecto.

#### **4.1.3. Velocidad**

La velocidad es importante como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, para el cual se escogieron los siguientes valores:

- Velocidad de diseño: 90 km/h, siendo la velocidad máxima a la cual los vehículos podrán circular con seguridad sobre el camino cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito sean favorables, según la figura 13.
- Velocidad de operaciones: 70 km/h, velocidad máxima permitida por las normativas internas de seguridad de P.D.V.S.A, regida principalmente por la ley de tránsito terrestre, permitiendo establecer parámetros de velocidad seguros y confiables para la operación y el control de tránsito en las áreas de producción.

#### **4.1.4. Nivel de servicio para diseño**

Para efectos del proyecto se seleccionó el nivel de servicio con el uso de la figura 14, en el cual, se determina mediante la velocidad promedio de viaje de los vehículos, comprendiendo tanto vehículos ligeros como pesados, escogiéndose un nivel de servicio C, ya que se adecua a las necesidades de un tránsito confortable, criterios de diseño y velocidad de operación, comprendida entre 60 a 70 km/h.

#### **4.1.5. Volumen de Servicio**

Las carreteras se diseñan para operar a volúmenes horarios por debajo de la capacidad, entendiéndose por capacidad el volumen máximo de

tránsito que una carretera acondicionada esté dispuesto a tolerar sin un mínimo de congestiónamiento.

Para hallar el volumen de servicio en carreteras de 2 canales se utiliza la ecuación 2, dónde las variables a utilizar son:

- Relación entre la rata de flujo y la capacidad  $(v/c)_i$

Para calcular la relación entre la rata de flujo y la capacidad de las carreteras, ingresamos al cuadro de la figura 15, con un nivel de servicio C y una velocidad de proyecto de 90 km/h, interpolando en la tabla entre los valores 0.50 para 95 km/h y 0.25 para 60 km/h, donde nos queda un  $(v/c)_i$  igual 0.46.

- Factor de ajuste por distribución direccional  $(f_d)$

La distribución del flujo vehicular se consideró porcentualmente 50/50, ya que al ser la única vía de acceso entre el centro de bombeo y las U.B.C.P., se ve afectada con la misma cantidad de vehículos en ambos sentidos, tanto de entrada como de salida, para lo cual hallamos el factor en la figura 16, donde  $f_d$  es 1.00.

- Factor de ajuste por ancho de canal y distancia a obstáculos laterales  $(f_w)$ .

Interceptando en la figura 18 los valores de ancho de canal igual a 3.60 metros, y la distancia a obstáculos laterales al borde de la calzada igual a 1.80 metros, distancia máxima establecida, debido a no contar con obstáculos laterales, obtenemos un  $f_w$  igual 1.00.

- Factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados (fvp)

Los ajustes por la presencia de vehículos pesados en segmentos direccionales significan principalmente la equivalencia en automóviles de pasajeros (vehículos livianos) de los camiones y los vehículos recreativos (ET y ER respectivamente por sus siglas en inglés).

Es importante resaltar que para poder establecer los valores de autos equivalentes para camiones, se realiza mediante el nivel de servicio en la figura 17, ya que la metodología varía para distintos niveles de servicios.

Para un nivel de servicio C y un terreno llano el factor Et es igual a 2,2. Mediante el Pt (porcentaje de camiones) y el valor tabulado de Et, se calcula el factor de vehículos pesados con el uso de ecuación 3:

$$Fvp = \frac{1}{(1 + 0.4411 * (2.2 - 1))}$$

$$Fvp = 0.57$$

Con base a los datos anteriores ya definidos, se determinan el flujo vehicular máximo para un nivel de servicio C, mediante la ecuación 2:

$$Vsi = 2.800 \times 0.46 \times 1 \times 1 \times 0.57$$

$$Vsi = 734.16 \approx 735 \text{ Veh/h.}$$

El cual será el flujo horario en ambos sentidos de la vialidad antes de producirse un congestionamiento, conviene aclarar que al hablar de congestionamiento en una carretera no se refiere a la paralización de todo el movimiento, sino cuando la corriente de tránsito empieza a perder su capacidad de flujo libre.

#### 4.1.6. Diseño de visibilidad

El MTC 1997 adopta los valores según la metodología de la AASHTO 1990, presentando un diseño de visibilidad en el que intervienen los siguientes aspectos:

- Visibilidad de frenado

En la figura 19, partiendo de la velocidad de diseño, se obtiene una distancia de frenado de 169 metros, distancia necesaria para que un conductor que transita cerca de la velocidad de diseño, vea un objeto en su trayectoria recta y pueda detener el vehículo antes de llegar a él y producir un accidente.

- Visibilidad de paso

De igual forma en la figura 20, partiendo de la velocidad de diseño (90 km/h), se obtiene una distancia de 600 metros, requerida para que un vehículo que circula a dicha velocidad, realice dicha maniobra y rebese a otro que va a una velocidad menor, sin que produzca la colisión con otro vehículo que viene en sentido contrario.

- Visibilidad de decisión

Se computa mediante la ecuación 5:

$$d_B = 3,762V - 23,128$$

$$d_B = 3,762 (90 \text{ km/h}) - 23,128$$

$$d_B = 315.45 \text{ metros.}$$

#### 4.1.7. Diseño curvatura y peralte

El uso del peralte provee comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre curvas horizontales, mediante el uso de la figura 21, se han adoptado los valores para los siguientes criterios, ya que un peralte exagerado puede provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a baja velocidad. Ingresando a la tabla con una velocidad de 90 km/h, se obtiene un peralte de 8%, Radio mínimo 300 metros y velocidad de manos libre 55 km/h.

- Velocidad de manos libres, verificada mediante la ecuación 8.

$$V = 11.27 \sqrt{R * i}$$

$$V = 11.27 \sqrt{300 * 0.08}$$

$$V = 55.21 \text{ Km}$$

- Transición del peralte

Con la ayuda de la figura 24, y con una velocidad de 90 km/h, se obtiene una rata de transición de 220 metros.

- Localización de las transiciones del peralte

Aplicando la ecuación 9, se obtiene:

$$BD = 3.60 \times 0.08 \times 220$$

$$BD = 66.33 \text{ metros}$$

Se aplica un similar procedimiento en este caso, pero con la ecuación 10:

$$AB = 0.02 \times 3.60 \times 220$$

$$AB = 15.84 \text{ metros}$$

Transición de BC = AB = 15.84 m

Para finalizar, hallamos CD con la ecuación 11:

$$CD = 66.33 - 15.84$$

$$CD = 50.49 \text{ m}$$

#### 4.1.8. Alineamiento horizontal en curva

- Radio de giro mínimo

Una vez que se establece el máximo factor de radio de curvatura, se establecen los valores mínimos, se calculan a partir de la ecuación 12, mientras que la relación velocidad fricción-peralte-radio en carreteras se halla en la figura 25.

$$R = \frac{90^2}{127 * 0.234} = 272,56 \text{ metros}$$

En la propuesta de diseño del tramo en estudio, el radio de giro se estableció mediante el NORVIAL, con un valor de 300 metros, para cada una de las curvas simples presentes en la trayectoria.

- Peralte verificado

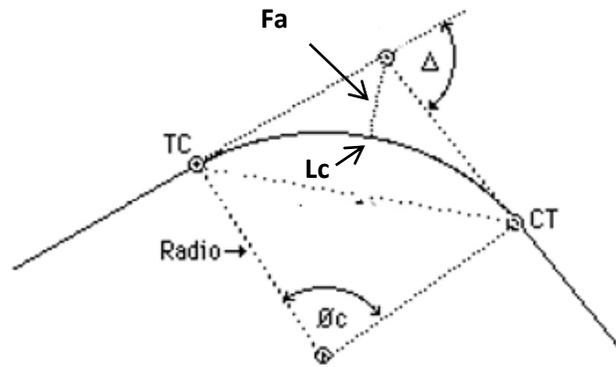
Aplicando la ecuación 7 obtenemos el cálculo del peralte, para el cual el valor de fuerza de fricción, se encuentra en la figura 22, usando un F=0.14.

$$P = 0.007865 * \frac{90^2}{300} - 0.14$$

$$P = 0.072 \approx 0.08\% \text{ de peralte}$$

- Curvas

En todo el trayecto diseñado, se generaron 3 curvas simples, ya que poseen un solo arco de circunferencia de un solo radio, uniendo los dos alineamientos rectos de la vía. Siendo catalogadas por el MTC 1997, para la presentación de los datos, las siguientes nomenclaturas:



Curva simple N°: 1

Progresiva de entrada TC:

Progresiva de salida CT:

$\Delta$ :  $27^{\circ} 0' 0''$

Radio: 300 Metros.

$i$  (peralte): 8%

Tangente (Tc), se obtiene de la ecuación 13:

$$300m * \tan \frac{27^{\circ}}{2} = 72.02 m$$

Flecha de arco (Fa): utilizaremos la ecuación 14

$$Te = 300m * \frac{1}{\cos \frac{27^\circ}{2}} - 1 = 8.52 m$$

Longitud de arco circular (Lc), calculada con la ecuación 15

$$lc = \frac{\pi * 27^\circ}{360^\circ} * 2 * 300m = 141.37m$$

De igual manera se muestran los resultados de las demás curvas en el cuadro subsiguiente:

TABLA DE CURVAS - ALINEAMIENTOS HORIZONTAL

Nro de curva	Radio	Longitud	Prog. Inicial	Prog. final	Ángulo de intersección	Tangente externa	Longitud de cuerda	Fecha de arco
1	300	143,89	1+733,56	1+877,45	27,4816	72,02	141,37	8,52
2	300	109,556	2+016,93	2+125,50	20,9255	55,400	108,958	4,958
3	300	190,614	2+777,61	2+988,23	36,4046	98,648	187,424	15,012

**Tabla 4. Alineamientos horizontales**

**Fuente: Autores.**

- Visibilidad de frenado y visibilidad de paso en curvas horizontales:

Se considera que la distancia de visibilidad de frenado y visibilidad de paso en curva tiene la misma longitud que en recta, la línea de visibilidad deberá ser por lo menos igual a la distancia de frenado correspondiente, midiéndose el obstáculo a lo largo del eje central del carril interior de la curva, donde el mínimo ancho deberá quedar libre de obstrucciones.

De acuerdo a la figura 19, la visibilidad de frenado es de 169 metros, por lo tanto se puede decir que se encuentran una parte en recta y la otra parte en curva, ya que no se encuentran obstáculos laterales en la curva que

impidan la visibilidad en la trayectoria, mientras que la figura 20, indica que la visibilidad de paso es de 600 metros, siendo estas mayores a la longitud del arco de la curva, el cual no se recomienda proveer distancias de paso en las curvas horizontales, ya que la geometría de la carretera no garantiza una amplia visibilidad.

#### 4.1.9. Diseño alineamiento vertical

- Curvas verticales:

Con la ayuda del software CivilCAD 3d, se logró hallar las medidas que establecen las 4 curvas verticales con que se cuentan en todo el trayecto, demostrando que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por los manuales correspondientes, como se muestra en la siguiente tabla y en el anexo 4

**TABLA DE CURVAS – ALINEAMIENTOS VERTICALES**

Nr.	Tipo de curva	Prog. inicial	Prog. Final	longitud	K	Visib. de Paso	Visib. de frenado	Punto alto	Punto bajo
1	Cóncava	1+527,4	1+572,6	45,163	13,90	---	---	---	88,614
2	Cóncava	1+947,6	2+102,3	154,643	60,81	---	---	---	88,961
3	Convexa	2+370,9	2+679,5	308,586	106,2	305,74	218,055	101,837	---
4	Cóncava	2+968,4	3+134,5	166,021	50,77	---	---	---	101,00

**Tabla 5. Alineamientos verticales**

**Fuente: Autores**

Aparte de las consideraciones estéticas, comodidad y economía en los costos de construcción en el diseño de alineamiento horizontal, el MTC 1997 establece, que deben de tomarse en cuenta los siguientes factores de alineamiento vertical:

- Pendiente máximas

La pendiente máxima admisible en una carretera, depende de la velocidad de diseño, de la composición del tránsito y del tipo de terreno atravesado, escogiéndose, para el tipo de terreno llano pendientes máximas de 2% y 3% como se establece en la figura 31.

- Calzada

Se toma como ancho de la calzada 3.60 metros, ya que existe la presencia regular de vehículos tipo semi-remolques (WB12) en un porcentaje mayor al 30%. De igual forma se toma en consideración dichas dimensiones, dando continuidad de las carreteras previas ya existentes y asfaltadas que poseen el mismo ancho de calzada.

- Bombeo

Para evitar la acumulación del agua sobre la carretera, se estableció una inclinación de bombeo o pendiente transversal normal de 2%, para facilitar el escurrimiento de las aguas superficiales hacia los drenajes longitudinales de la vía, para que tenga un drenaje correcto de la calzada con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad e inseguridad.

- Sobreancho en las curvas

Se recomienda colocar un sobreancho, con el objeto de dar a los conductores una mayor superficie en la que puedan realizar la maniobra de giro, aumentando el margen de seguridad en caso de que se produzca un error mientras se transita dicha curva.

Pero en esta propuesta planteada, que posee carriles que pasaron de 3.30 a 3.60 metros de ancho, producto del porcentaje mayor de 40% de vehículos pesados, no amerita la construcción de un sobreebanco en las curvas, ya que el radio es suficientemente amplio como para ayudar al conductor a mantener su vehículo en el centro del canal. Como se explica en la figura 32.

- Hombrillo:

En el proyecto no se toma en cuenta los anchos de los hombrillos pavimentados a la hora de diseñar los perfiles transversales, ya que daría como resultado una vialidad de 12 metros de ancho, siendo exagerados para el bajo volumen de TPD, igualmente se toma en cuenta la posibilidad de su ensanche cuando el volumen del tránsito lo requiera, dejando espacio libre en los linderos de la carretera.

- Faja de estabilización

Debido a que no se cuenta con hombrillos laterales, se estableció en el diseño de sección transversal una faja estabilizadora, que con el estudio geotécnico de toda la vía, suministrado por PDVSA - Distrito Junín Sur, permitió establecer una faja estabilizadora de 0.60 metros, para protección de taludes de la Base y Sub-Base de material granular.

#### **4.2. Perfiles y Movimiento de tierra**

Para generar los diseños de perfiles geométricos de la vía, y de manera que se pueda aprovechar y optimizar los volúmenes de movimiento de tierras, se realizaron los cálculos con el uso del software CivilCAD 3D 2016. Ya que permite la creación de modelos digitales del terreno, a partir de diferentes tipos de información de dibujo en AutoCAD (Curvas de Nivel,

líneas, líneas 3d, bloques, Nubes de Puntos, entre otros), que ayudan a identificar la línea central del proyecto, donde se base el perfil, sección típica, corredor y secciones transversales. Producto del proceso del manejo de los datos topográficos con el software, se obtienen los volúmenes de corte y relleno, datos importantes utilizados en el proyecto vial.

#### **4.2.1. Perfil longitudinal**

En general se ha conservado la pendiente de la rasante similar al de la del terreno natural, con el fin de guardar una homogeneidad para facilitar la seguridad en la circulación vial, maximizando así el ahorro económico en el movimiento de tierra.

El proyecto tiene un mínimo de 1% de pendiente longitudinal, y un máximo de 3%, pendiente máxima permitida por la norma MTC 1997 en la figura 31, por lo que no requiere correcciones por concepto de curva vertical. Cabe destacar que se desarrolla un drenaje superficial a lo largo de la carretera con las mismas pendientes, excluyendo las progresivas 1+450 a la 1+550 donde varía la pendiente en relación con la calzada, debido al talud inicial existente producto de la elevación hacia el tramo del puente sobre Rio Claro, como se observa en el anexo 3.

#### **4.2.2. Secciones transversales**

Los elementos que conforman y definen la sección transversal son:

- Calzada: se estableció una calzada de dos canales, uno por sentido de 3.60 metros de ancho cada uno.
- Faja estabilizadora: 0.60 metros de ancho en los bordes izquierdo y derecho de la carretera para protección de las capas base y sub-base de la estructura del pavimento, y evitar erosión en los taludes de relleno.

- Cunetas: se escogieron las cunetas TIPO A, como sistema de drenaje longitudinal a lo largo de la carretera, como se muestra en el diseño hidráulico del proyecto.
- Talud: los estudio de suelos proporcionados, nos permite establecer un talud de 1:1 tanto en corte como relleno.
- Pendiente transversal: por lo establecido en el diseño geométrico, se determinó una pendiente de 2%.

En el anexo 1 se muestra la sección típica de la calzada, para todo el proyecto de la vialidad, igualmente en los anexo 4, se muestran las secciones transversales, que se realizaron cada 25 metros.

#### 4.2.3. Movimiento de tierra

Con el alineamiento horizontal y vertical definidos, se calculan los volúmenes de movimientos de tierra, para lo cual se tomó en cuenta la representación gráfica de las secciones transversales que contienen los datos propios del diseño geométrico. Una vez que se dibujaron las secciones transversales de construcción, se obtuvieron las áreas de cada sección por medio del software Civil3D 2016.

Dicho software determina las áreas de las secciones transversales por el método de las áreas promedio, y de ahí se definen los volúmenes de corte o relleno. En los siguientes cuadros se muestran los resultados de los cálculos de los volúmenes totales:

#### MOVIMIENTO DE TIERRA

Progresiva	Área de corte	Área de relleno	Vol. De corte	Vol. De relleno	Vol. Acum. de corte	Vol. Acum. de relleno	Volumen neto
1+450.01	0,00	38,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

1+475.00	0,00	24,79	0,00	792,31	0,00	792,31	-792,31
1+500.00	0,00	14,98	0,00	497,06	0,00	1289,37	-1289,37
1+525.00	0,00	9,31	0,00	303,59	0,00	1592,96	-1592,96
1+550.00	0,00	2,64	0,00	149,43	0,00	1742,38	-1742,38
1+575.00	1,20	0,00	14,98	33,04	14,98	1775,42	-1760,45
1+600.00	0,94	0,03	26,73	0,37	41,71	1775,79	-1734,08
1+625.00	2,08	0,00	37,71	0,37	79,42	1776,16	-1696,74
1+650.00	1,70	0,00	47,22	0,00	126,64	1776,16	-1649,52
1+675.00	0,03	0,55	21,67	6,88	148,30	1783,04	-1634,73
1+700.00	0,00	4,50	0,40	63,11	148,71	1846,14	-1697,44
1+725.00	0,00	3,07	0,00	94,59	148,71	1940,73	-1792,03
1+750.00	0,00	5,67	0,00	109,51	148,71	2050,25	-1901,54
1+775.00	0,00	6,05	0,00	147,00	148,71	2197,25	-2048,54
1+800.00	0,00	6,89	0,00	162,17	148,71	2359,41	-2210,71
1+825.00	0,00	7,63	0,00	181,81	148,71	2541,23	-2392,52
1+850.00	0,00	8,66	0,00	204,00	148,71	2745,23	-2596,52
1+875.00	0,00	7,39	0,00	201,04	148,71	2946,27	-2797,56
1+900.00	0,00	7,33	0,00	183,97	148,71	3130,23	-2981,53
1+925.00	0,00	5,89	0,00	165,22	148,71	3295,45	-3146,75
1+950.00	0,00	5,48	0,00	142,13	148,71	3437,59	-3288,88
1+975.00	0,00	5,16	0,00	133,03	148,71	3570,61	-3421,91
2+000.00	0,00	4,56	0,00	121,44	148,71	3692,05	-3543,34
2+025.00	21,92	0,00	274,04	57,02	422,75	3749,07	-3326,32
2+050.00	29,40	0,00	641,42	0,00	1064,17	3749,07	-2684,90

2+075.00	31,59	0,00	762,04	0,00	1826,21	3749,07	-1922,85
2+100.00	28,38	0,00	749,23	0,00	2575,44	3749,07	-1173,63
2+125.00	27,28	0,00	695,38	0,00	3270,82	3749,07	-478,24
2+150.00	23,55	0,00	635,41	0,00	3906,24	3749,07	157,17
2+175.00	21,30	0,00	560,61	0,00	4466,85	3749,07	717,78
2+200.00	20,02	0,00	516,50	0,00	4983,35	3749,07	1234,28
2+225.00	20,93	0,00	511,86	0,00	5495,21	3749,07	1746,14
2+250.00	28,12	0,00	613,03	0,00	6108,24	3749,07	2359,17
2+275.00	32,61	0,00	759,08	0,00	6867,33	3749,07	3118,26
2+300.00	36,68	0,00	866,11	0,00	7733,43	3749,07	3984,36
2+325.00	32,92	0,00	869,95	0,00	8603,38	3749,07	4854,31
2+350.00	24,57	0,00	718,65	0,00	9322,03	3749,07	5572,96
2+375.00	21,91	0,00	581,05	0,00	9903,08	3749,07	6154,01
2+400.00	27,08	0,00	612,44	0,00	10515,52	3749,07	6766,46
2+425.00	23,28	0,00	629,49	0,00	11145,02	3749,07	7395,95
2+450.00	18,76	0,00	525,44	0,00	11670,46	3749,07	7921,39
2+475.00	13,12	0,00	398,49	0,00	12068,94	3749,07	8319,87
2+500.00	10,16	0,00	291,05	0,00	12359,99	3749,07	8610,92
2+525.00	7,76	0,00	224,05	0,00	12584,04	3749,07	8834,97
2+550.00	6,57	0,00	179,15	0,00	12763,19	3749,07	9014,12
2+575.00	13,95	0,00	256,48	0,00	13019,66	3749,07	9270,59
2+600.00	16,09	0,00	375,47	0,00	13395,13	3749,07	9646,06
2+625.00	0,57	0,62	208,26	7,73	13603,39	3756,80	9846,59
2+650.00	0,03	1,20	7,51	22,73	13610,91	3779,53	9831,37

2+675.00	0,00	10,40	0,40	145,01	13611,30	3924,55	9686,76
2+700.00	0,00	11,57	0,00	274,58	13611,30	4199,13	9412,17
2+725.00	0,00	14,17	0,00	321,67	13611,30	4520,80	9090,50
2+750.00	0,00	14,13	0,00	353,74	13611,30	4874,54	8736,76
2+775.00	0,00	13,89	0,00	350,23	13611,30	5224,77	8386,53
2+800.00	0,00	13,34	0,00	340,72	13611,30	5565,49	8045,81
2+825.00	0,00	11,42	0,00	309,96	13611,30	5875,45	7735,85
2+850.00	0,00	8,86	0,00	253,87	13611,30	6129,33	7481,98
2+875.00	0,00	6,80	0,00	196,09	13611,30	6325,42	7285,88
2+900.00	0,09	2,82	1,06	120,64	13612,36	6446,06	7166,30
2+925.00	2,96	0,28	37,83	38,93	13650,18	6484,99	7165,20
2+950.00	9,31	0,00	152,93	3,49	13803,11	6488,47	7314,64
2+975.00	15,50	0,00	309,81	0,00	14112,92	6488,47	7624,45
3+000.00	20,66	0,00	452,08	0,00	14565,01	6488,47	8076,53
3+025.00	24,26	0,00	561,58	0,00	15126,59	6488,47	8638,11
3+050.00	26,75	0,00	637,67	0,00	15764,25	6488,47	9275,78
3+075.00	21,21	0,00	599,46	0,00	16363,71	6488,47	9875,24
3+100.00	16,69	0,00	473,68	0,00	16837,39	6488,47	10348,92
3+125.00	13,23	0,00	373,95	0,00	17211,34	6488,47	10722,86
3+150.00	7,43	0,00	258,17	0,00	17469,51	6488,47	10981,03
3+175.00	4,20	0,00	145,35	0,00	17614,86	6488,47	11126,38
3+200.00	5,69	0,00	123,67	0,00	17738,53	6488,47	11250,05
3+224.82	3,73	0,00	116,92	0,00	17855,45	6488,47	11366,98

**Tabla 6. Movimiento de Tierra****Fuente: Autores**

#### **4.2.4. Clasificación de recursos disponibles**

El proyecto fue basado en el estudio de suelo y en ensayos de laboratorio proporcionados por PDVSA – Distrito Junín Sur, cuyos resultados en base a especificaciones establecidas, sirvieron para establecer los espesores mínimos de cada uno de los elementos estructurales del camino.

En los anexos 7 y 8 se describen los ensayos Proctor realizados a los bancos de préstamo que pueden ser explotados para este proyecto, siendo seleccionados porque ofrecen ventajas en cuanto a volumen, calidad y ubicación. Algunos de ellos fueron explotados para la construcción de la vialidad existente y para el uso de construcción de la U.B.C.P. JB-21, sin embargo, el volumen que conservan se considera suficiente para satisfacer las necesidades del caso.

#### **4.2.5. Diagrama de masa**

Se dibujó la curva masa con las ordenadas (progresivas) en el sentido horizontal y las abscisas (volúmenes) en el sentido vertical, utilizando el mismo dibujo del perfil. Se planteó una línea compensadora que mejora los movimientos de tierra, sin compensar demasiado los volúmenes de corte y relleno, evitando acarrees muy largos que resulten más costosos para su ejecución.

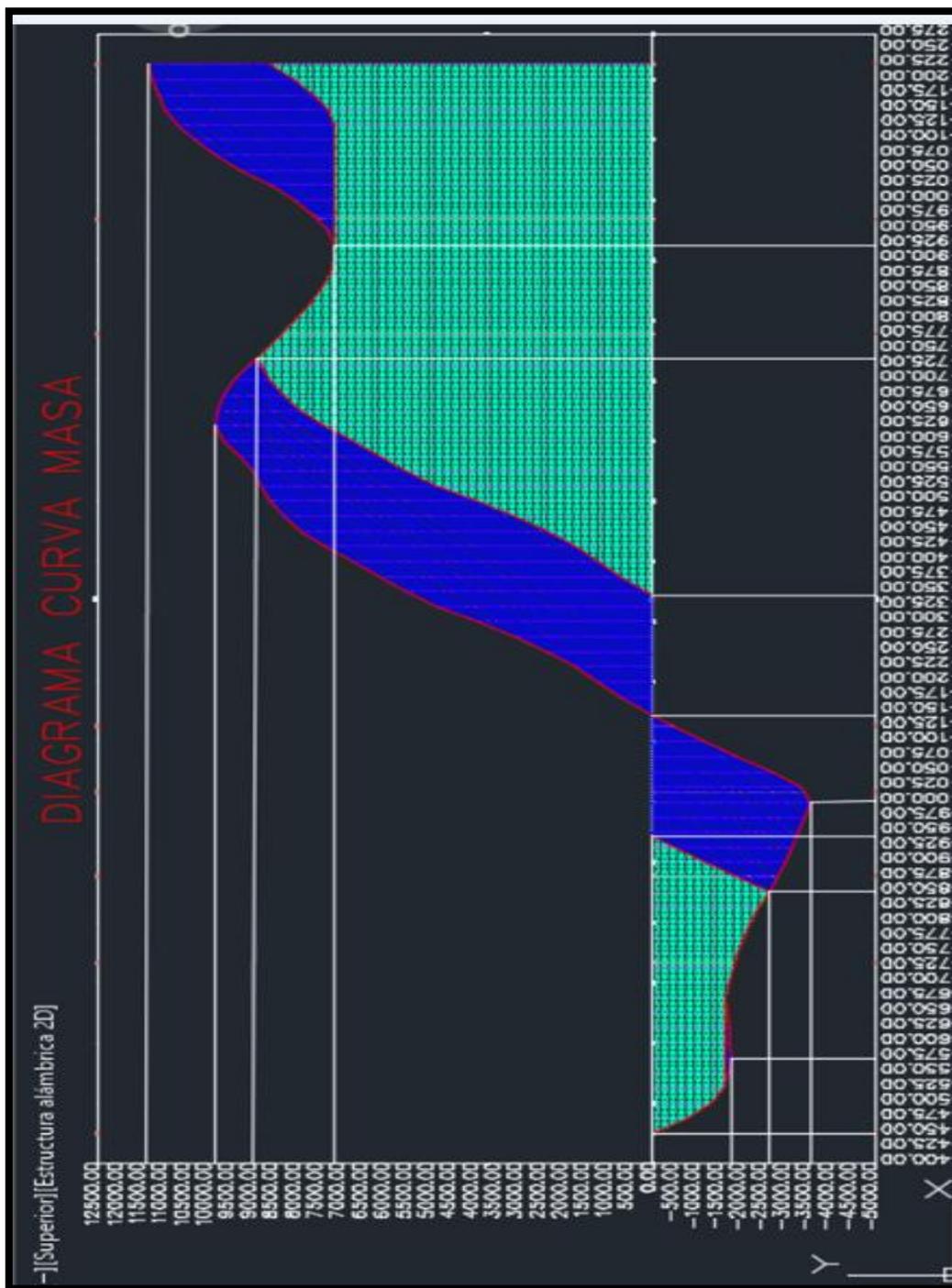


Tabla 7. Diagrama de masas.

Fuente: Autores.

- El área azul corresponde al acarreo libre permitido a una distancia de 200 m.
- En las estaciones donde se presenta un cambio ascendente a descendente y viceversa, se presenta el máximo y el mínimo respectivamente.
- La línea horizontal que corta a la curva en los dos extremos, que marca dos puntos con la misma ordenada de corte y relleno, indica la compensación en dichos tramos por lo que son iguales los volúmenes de corte y relleno, y la distancia máxima para compensar un terraplén con un corte.
- La diferencia de ordenada entre dos puntos indica la diferencia de volumen entre ellos.
- El área que comprende la curva y una horizontal cualquiera, representa el volumen por la longitud media de acarreo.
- Cuando la curva se encuentra arriba de la horizontal, el sentido del acarreo de material es hacia delante, y cuando la curva se encuentra abajo el sentido es hacia atrás, teniendo cuidado con la pendiente del camino lo permita.

### **4.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE**

#### **4.3.1. Gasto de diseño de las cuencas hidrográficas contribuyentes por el método racional**

- Intensidad de la lluvia

Depende de dos factores que se deben conocer previamente como lo son el tiempo de concentración de la red hídrica ( $T_c$ ) y el período de retorno ( $T_r$ ), e implementando la curva de precipitación (Intensidad-Frecuencia-Duración) perteneciente a la zona en estudio.

a) Tiempo mínimo de concentración ( $T_c$ ): Tomando en cuenta lo señalado por el MOP 1987, los tiempos mínimos de concentración se establece en función a la figura 47, para el caso de conducir las aguas pluviales implementando elementos como las cunetas en zonas mixtas (pavimentos y vegetación) mayor a 2 has, nos proporciona un tiempo de 10 minutos.

b) Período de retorno ( $T_r$ ): El período de retorno se selecciona a partir de la figura 48, donde se obtiene en función al tipo de elemento a drenar y el nivel de la carretera a diseñar, por lo que al ser una cuneta como sistema de drenaje y con una carretera tipo C, se define un periodo de retorno de 10 años.

Al hallar la variables para la intensidad, se ingresan los datos a la figura 49, correspondiente a la Región II, con un tiempo mínimo de concentración ( $T_c$ ) de 10 minutos y un periodo de retorno de ( $T_r$ ) 10 años, se intersectan dichas variables, teniendo un resultados de intensidad igual a 420 H/Seg/Has.

- Coeficiente de Escorrentía

Este coeficiente depende de varios factores entre los cuales el MOP 1967 considera como principales los sigueintes factores:

a) Permeabilidad de la zona: Se considera que la zona de estudio posee un alto contenido de arcilla de acuerdo a los establecido por las estudios estratificados realizados por el laboratorio de suelos (GISCA) c.a, por lo que la permeabilidad del suelo será semipermeable acorde a la figura 51.

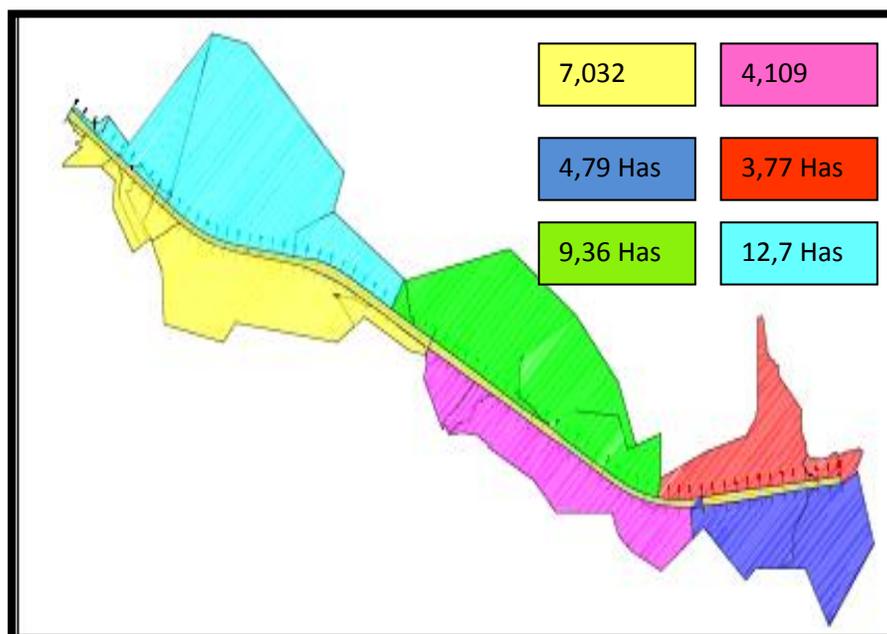
b) Cobertura vegetal: Pastos y vegetacion ligera.

c) Topografía: Se cuenta con pendientes menores a 5% por lo que se encuentra en el rango de las pendientes suaves según lo estable la figura 53.

Conocidos los parámetros del coeficiente de escorrentia como lo son el suelo semipermeable, con cobertura vegetal de Pastos y vegetacion, aunado a pendientes suaves, se obtiene un coeficiente de escorrentia de 0.40, con el uso de la figura 50.

- Areas

En el caso de las áreas contribuyentes se pudo hallar utilizando como material de apoyo el software civil CAD 3d, donde se permite evaluar el comportamiento de las aguas que caen sobre el terreno proveniente de las lluvias y que se escurren hasta el sistema de drenaje, como se muestra en la tabla 7.



**Tabla 8. Áreas cuencas contribuyentes**

**Fuente: Autores.**

$$Q = \frac{0.40 * \frac{420 \frac{L}{s}}{Has} * 7,032 Has}{1000l/m^3} = 1,18 m^3/s \text{ Ec. (36)}$$

<b>Q diseño (Cuencas Hidrográfica)</b>		
<b>Progresiva</b>	<b>Area(Has)</b>	<b>Q diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>
1+450 - 2+325	7.032	1,18
2+325 - 2+950	4.109	0,690
2+950 - 1+450	4.79	0,804
1+450 - 2+225	12.74	2,14
2+225 - 2+878	9.36	1,57
2+878 - 3+225	3.77	0,633

**Tabla 9. Caudal cuencas hidrográficas**

**Fuente: Autores.**

#### **4.3.2. Gasto de diseño de las áreas de pavimento contribuyentes por el método racional**

Se aplica el mismo modo que las áreas contribuyentes de las cuencas hidrograficas, al área de la calzada, con el fin de establecer el caudal total que este contribuye al sistema de drenaje.

- Intensidad de la lluvia:
  - a) Tiempo mínimo de concentración (Tc): Para el tiempo de concentración se toma el de 5 minutos debido a que el área es menor de 2 has, y es una superficie solo pavimentada, valores establecidos en la figura 47.
  - b) Periodo de retorno (Tr): se establece de igual manera en 10 años, por la estructura del drenaje.

En este caso se ingresan los valores obtenidos en el nomograma de la relación Intensidad-Frecuencia-Duración de la figura 49, donde la intensidad es igual a 528,20 Lt/seg/ Has.

- Coeficientes de escorrentía

Se establece directamente por el MOP 1987 en 0.90, para pavimentos de asfalto.

- Áreas contribuyentes

Con el mismo software utilizado para conocer las áreas de las cuencas hidrográficas, solo que en este caso se toma el escurrimiento de las aguas, comprendidas estas por el semi-ancho de la calzada 3,60 m por la diferencia de longitud de las progresivas inicial y final de cada cuenca hidrográfica.

$$Q = \frac{0.90 * \frac{528.20 \frac{L}{S}}{Has} * 0.367 Has}{1000l/m^3} = 0,17m^3/s$$

<b>Q de diseño (Calzada)</b>				
<b>Progresiva</b>	<b>Calzada (m)</b>		<b>Área (HAS)</b>	<b>Q diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>
	<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>		
1+450 - 2+325	4.20	875	0.3675	0.174
2+325 - 2+950	4.20	625	0.2625	0.124
2+950 - 1+450	4.20	325	0.1365	0.064
1+450 - 2+225	4.20	775	0.3255	0.154
2+225 - 2+878	4.20	653	0.2742	0.130
2+878 - 3+225	4.20	397	0.166	0.079

**Tabla 10. Caudal de la calzada**

**Fuente: Autores.**

### 4.3.3. Caudal (Q) de diseño

Para conocer el caudal real que tendrá cada área en la que fue dividida la zona de estudio, se deberán sumar los caudales tanto de la calzada como los caudales de las cuencas hidrográficas.

Gastos de Diseño									
Progresiva	Lluvia				Coeficiente de escorrentia	Área	Gastos de diseño ( $m^3/s$ )	Q Calzada ( $m^3/s$ )	$\Sigma Q + Q$ ( $m^3/s$ )
	Region	Frecuencia (año)	Duración (min)	Intensidad (L/s/Has)					
1+450 2+325	II	10 años	10 min	420	0.40	7.032	1.18	0.174	1.35
2+325 2+950	II	10 años	10 min	420	0.40	4.107	0.690	0.124	0.814
2+950 1+450	II	10 años	10 min	420	0.40	4.79	0.804	0.064	0.868
1+450 2+225	II	10 años	10 min	420	0.40	12.74	2.14	0.1547	2.295
2+225 2+878	II	10 años	10 min	420	0.40	9.36	1.57	0.130	1.7
2+878 3+225	II	10 años	10 min	420	0.40	3.77	0.633	0.079	0.71

Tabla 11. Gasto de diseño

Fuente: Autores.

### 4.3.4. Selección del sistema de drenaje

La Normativa Venezolana establece 4 diseños estándares de cunetas, siendo la cuneta tipo A apropiada para resistir las capacidades del caudal que se transmite desde la calzada y las cuencas hidrográficas, modificando la profundidad de la misma a 0.60 m como se muestra en el anexo 2.

Morales, S. (2006), recomienda que “La profundidad de la cuneta no debe de exceder de 0,60 m por razones de seguridad vial, en caso contrario, se le debe de colocar una barrera de seguridad”

- Caudal de la cuneta (Q gasto)

Debido a la rasante trazada en el terreno, se tienen diferentes caudales máximo en las cunetas, con el uso de la ecuación 37, se establecieron los diferentes caudales para los distintos tipos de pendientes establecidas en el perfil longitudinal, teniendo como k el valor de 0,312 según la figura 55.

- Pendiente de 1%  

$$0,312 \times (0,01)^{\frac{1}{2}} \times (60)^{\frac{8}{3}} = 1,72 m^3/s$$
- Pendiente de 2%  

$$0,312 \times (0,02)^{\frac{1}{2}} \times (60)^{\frac{8}{3}} = 2,434 m^3/s$$
- Pendiente de 3%  

$$0,312 \times (0,03)^{\frac{1}{2}} \times (60)^{\frac{8}{3}} = 2,98 m^3/s$$

#### 4.3.5. Velocidad media de la cuneta

Para conocer la velocidad de la cuneta que se desea diseñar, se utilizó la ecuación 38 sobre Manning, donde intervienen las siguientes variables de diseño:

- Radio hidráulico:  $\frac{0,51}{1,79} = 0,28 m^2$  Ec (39)
- Perímetro mojado  $\sqrt{(0,60^2 + 0,17^2)} + \sqrt{(0,60^2 + 1,00^2)} = 1,79 m^2$  Ec (40)
- Base cuneta: 1,17 m Ec (41).
- Área:  $\frac{1,17 \times 0,60}{2} = 0,51 m^2$  Ec (42)
- Velocidad media:  $\frac{1}{0,010} \times 0,28^2 \times (0,02)^{\frac{1}{2}} = 1,47 m/s$  Ec (38)

Registrando un valor 1,47 m/s, muy por debajo del 2,5 m/seg establecido en la figura 58, como velocidades máxima por normativa venezolana MOP 1987, lo que nos indica como apropiada para este proyecto.

Progresiva	Dimensiones			Pendiente	Q Diseño ( $\frac{m^3}{s}$ )	Q Gastos ( $\frac{m^3}{s}$ )	$Q_d > Q_g$
	$L_1$	$L_2$	$y$				
1+450 - 2+025	0,17	1,00	0,60	2%	2,43	1,35	Cumple
2+025 - 2+325	0,17	1,00	0,60	3%	2,98	1,35	Cumple
2+325 - 2+600	0,17	1,00	0,60	3%	2,98	0,814	Cumple
2+600 - 2+950	0,17	1,00	0,60	1%	1,72	0,814	Cumple
2+950 - 2+975	0,17	1,00	0,60	1%	1,72	0,868	Cumple
2+975 - 3+225	0,17	1,00	0,60	3%	2,98	0,868	Cumple
1+450 - 2+025	0,17	1,00	0,60	2%	2,43	2,295	Cumple
2+025 - 2+225	0,17	1,00	0,60	3%	2,98	2,295	Cumple
2+225 - 2+600	0,17	1,00	0,60	3%	2,98	2,295	Cumple
2+600 - 2+878	0,17	1,00	0,60	1%	1,72	1,70	Cumple
2+878 - 2+975	0,17	1,00	0,60	1%	1,72	1,70	Cumple
2+975 - 3+225	0,17	1,00	0,60	3%	2,98	0,712	Cumple

**Tabla 12. Gasto de diseño cuneta Tipo A**

**Fuente: Autores.**

Al realizar la comparación del caudal máximo que recibe la cuneta con el caudal que proviene de las aguas que caen producto de las lluvias y de las cuencas hidrográficas, nos encontramos con unos resultados satisfactorios, logrando la cuneta soportar los caudales que se transmiten.

#### 4.3.6. Cunetas de descargas

Para las cunetas de descargas se utilizara el mismo diseño, pero éstas se encontraran al inicio y final de cada cuneta longitudinal de forma perpendicular, donde se permite evacuar el caudal desprendido en esa área, teniendo pendientes de 2% y desembocaran en las laderas cercanas, con excepción de las que se encuentran próximas al río que desbocan su cauce sobre el mismo.

Progresiva	Longitud (Metros)	Dimensiones			Pendiente	Q Diseño $\left(\frac{m^3}{s}\right)$	Q Gastos $\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q_d > Q_g$
		$L_1$	$L_2$	$y$				
2+250	20	0,17	1,00	0,60	2%	2,43	0,814	Cumple
2+950	55	0,17	1,00	0,60	2%	2,43	0,868	Cumple
2+225	55	0,17	1,00	0,60	2%	2,43	2,295	Cumple
2+878	35	0,17	1,00	0,60	2%	2,43	1,70	Cumple

**Tabla 13. Q de descargas**

**Fuente: Autores.**

#### 4.4. Diseño para pavimentos flexibles método Aastho-93

El método AASHTO 93 a diferencia del MTC 82 sólo toma en cuenta el número total de ejes equivalentes que transitan por la vía y los niveles de serviciabilidad requeridos al inicio y al final de la vida útil del pavimento.

Tomando éste como metodología de diseño para el pavimento, debido a los resultados obtenidos en el aforo vehicular que se encuentra en el diseño geométrico, dicho enlace vial tiene la particularidad de poseer un volumen bajo de tránsito pero con un porcentaje alto de vehículos pesados, específicamente 44%, ubicándose fuera de los rangos establecidos como normales, además de su nivel de servicio tipo C debido a la capacidad y la velocidad máxima de circulación, siendo este método el más adecuado para las especificaciones del proyecto.

#### 4.4.1. $Wt_{18}$ = Cargas de ejes equivalentes acumuladas en el periodo de diseño (n)

Para obtener esta variable es necesario determinar el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el periodo de diseño, y la carga máxima que esta genera sobre la estructura del pavimento por cada eje del vehículo, en el que intervienen los siguientes aspectos:

- Cargas máximas por ejes

Camiones 0-3E	3 Ejes	1 Eje Simple 2 ruedas 1 Eje tándem 8 ruedas	6 Tn
Semi-remolques 3-S2	5 Ejes	1 eje simple 2 ruedas. 2 ejes tándem 8 ruedas.	20 Tn

**Tabla 14. Tipos y características de vehículos pesados**

**Fuente: Autores.**

- Factor de equivalencia (Fe), viene expresado por las ecuaciones siguientes, para cada tipo de eje:

Eje simple 2 ruedas:

$$Fe = \frac{6^4}{6.6} = 0.68 \quad \mathbf{Ec (18)}$$

Eje doble 8 ruedas:

$$Fe = \frac{0.57 \cdot 20^4}{8.2} = 3.73 \quad \mathbf{Ec (19)}$$

- Factor direccional (Fds)

Este valor permite asignar al canal de diseño, la fracción del total de vehículos que circulará por la calzada, y su valor se selecciona de acuerdo a lo indicado en la figura 33, tomando como factor direccional un 50 %, dándonos un Fds igual a 0.50.

- Factor camión (Fc)

Esta variable no depende del número de camiones que se determine a partir del conteo vehicular, pero sí de la conformación y porcentaje de los diversos camiones dentro del total del TPD de la vía en estudio., donde:

TPD= 192 del cual el 44.11% es tránsito pesado (84.69 ≈ 85 vehículos pesados).

	<b>O-3E</b>	<b>3S2</b>	$\Sigma$ <b>Ejes</b>	$\frac{\Sigma \text{ejes} * 1000}{VP}$	<b>Fe</b>	$\frac{\text{Fe} * \Sigma \text{ejes} * 1000}{VP}$
<b>SENCILLOS</b>	<b>28</b>	<b>57</b>	<b>85</b>	<b>1000</b>	<b>0.68</b>	<b>680</b>
<b>TANDEM</b>	<b>28</b>	<b>114</b>	<b>142</b>	<b>1670.58</b>	<b>3.73</b>	<b>6231.26</b>
$\bar{X}$	<b>28</b>	<b>57</b>	<b>85</b>			<b>6911.26</b>

Tabla 15. Cargas por ejes equivalentes.

Fuente: Autores.

$$F_c = \frac{6911.26}{1000} = 6.9$$

- Rata de crecimiento

$$R_t = \frac{(1+0.04)^{12}-1}{Ln(1+0.04)} = 15.29 \% \quad \text{Ec (20)}$$

Una vez definidas las variables anteriores, se calculan las cargas equivalentes (Wt18) mediante la siguiente ecuación:

$$REE = 0.4411 * 0.5 * 192 * 15.29 * 365 * 6.9 \quad \text{Ec (21)}$$

$$REE = 1.630.638,648$$

#### 4.4.2. ZR = Factor de desviación normal

Es un factor que se calcula mediante el nivel de confianza, la figura 34 permite obtener los niveles adecuados de Confiabilidad (R), para diferentes tipos de vías, clasificadas por la AASHTO, según su grado de servicio, el cual, por ser una vía local en una zona rural se tomó una confiabilidad de 75%.

Una vez seleccionado el valor de confiabilidad (R), se busca el valor de ZR de la figura 35, determinando un factor de desviación normal de -0,674.

#### 4.4.3. $S_o$ = Desviación estándar del sistema.

El valor de la desviación estándar se seleccionó, por otra parte, en representación de las condiciones locales. La Figura 36 establece 0.45 como valor recomendado para uso general, valor que puede ser ajustado en función de la experiencia para uso local.

#### 4.4.4. $\Delta$ PSI: Pérdida de Serviciabilidad

- El Índice de Servicapacidad Inicial ( $P_o$ ): Pavimentos flexibles de acuerdo al experimento vial de AASHTO se considera el índice inicial de 4.2.
- El Índice de Servicapacidad Final ( $P_t$ ), donde para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma el valor comprendido entre 2.0 y 1.8.

$$\Delta\text{PSI} = 4,2 - 2,0 = 2,2 \quad \text{Ec (22)}$$

Esta variable representa los criterios de aceptación por el público y usuario de una vía, en función de la condición de servicio, que pueden servir como indicadores para la adecuada selección del valor de servicapacidad final. Se recomienda que, normalmente el valor de  $P_t$  nunca sea menor de 1.8, aun cuando las características de tráfico de la vía sean muy reducidas, de ser ese el caso, lo que se recomienda es disminuir el período de diseño.

#### 4.4.5. Características de la subrasante o fundación.

En Venezuela los suelos de subrasante son en su mayoría suelos finos de bajo valor soporte, generalmente caracterizados por su valor CBR, el cual varía en función del contenido de humedad del suelo y nivel de

compactación, la figura 37 muestra los valores utilizados en Venezuela, por lo cual se toma una Sub rasante muy buena con un CBR saturado de 8%.

Se utiliza la ecuación 24, de correlación para materiales de sub-rasante con CBR mayor de 7,2% pero menor o igual a 20,0%, debido a que nuestro CBR en la subrasante es de 8%.

$$Mr = 3000 * (8)^{0,65} = 11591,23 \text{ Ec. (21)}$$

Variando esta relación según los meses del clima en Venezuela, manteniendo el mismo valor en invierno, y aumentando un 30% en verano.

$$MR_{\text{invierno}} = 11591,23$$

$$MR_{\text{verano}} = 15068,59$$

Una vez ubicada la vía dentro de la zona de humedad correspondiente, que en este caso como lo muestra la figura 38, se encuentra en la zona 6, se determinó el número de meses en que los suelos de fundación permanecen en condiciones de secos, húmedos y saturados.

Para una zona climática con nivel 6 observamos en la figura 39, el suelo de fundación permanece 5,5 meses secos, 3 meses húmedos y 3.5 meses saturados, para lo cual debemos hallar los valores de Modulo resiliente para dichas estados de humedad.

Para hallar el daño relativo referente a los diferentes estados en que se encuentre el suelo, se introduce el valor del módulo resiliente en la formula siguiente:

Daño relativo en invierno

$$U_f = 1,18 * 10^8 * 11591,59^{(-2,32)} = 0,067 \quad \text{Ec (26)}$$

Daño relativo en verano

$$U_f = 1,18 * 10^8 * 15068,59^{(-2,32)} = 0,023 \quad \text{Ec (26)}$$

MES	MODULO RESILENTE	DAÑO RELATIVO (UF)
Enero	15068,59	0,023
Febrero	15068,59	
Marzo	15068,59	
Abril	15068,59	
Mayo	15068,59	
Junio	15068,59	
	11591,23	0,0439
Julio	11591,23	
Agosto	11591,23	
Septiembre	11591,23	
Octubre	11591,23	
Noviembre	11591,23	
Diciembre	11591,23	

**Tabla 16. Módulo resiliente ponderado de la subrasante**

**Fuente: Autores.**

Para encontrar el daño relativo ponderado debemos hacerlo a través de un promedio,  $UF_{ponderado}$ , siendo la sumatoria total de los daños relativos, de cada una de las estaciones (medio mes), dividida entre el número total de estaciones.

$$0,023 * 11 \text{ Quincenas} = 0,253$$

$$0,0439 * 13 \text{ Quincenas} = 0,57$$

$$0,823 \div 24 = 0,0342$$

Una vez que se conoce el valor de  $U_f$  ponderado, se calcula el  $Mr$  ponderado a partir de la misma ecuación 23, despejando la variable  $Mr$ .

$$MR = \frac{U_f}{1,18 \times 10^8}^{-2,32}$$

$$MR = \frac{0,0342}{1,18 \times 10^8}^{-2,32}$$

$$Mr_{Pon}: 12916,49 \text{ Psi}$$

#### 4.4.6. Módulo Resiliente Efectivo (Ponderado) del material de sub bases no tratadas.

El valor del coeficiente  $K_1$  varían de acuerdo a su estado de humedad, en lo cual los valores de  $\phi$  se encuentran en la figura 41, tomando 7.5 como valor promedio.

$$7000 \text{ seco} * 7.5^{0.60} = 23449.565 \quad \text{Ec (27)}$$

$$5400 \text{ húmedo} * 7.5^{0.60} = 18089.664 \quad \text{Ec. (27)}$$

$$4600 \text{ saturado} * 7.5^{0.60} = 15409.71 \quad \text{Ec. (27)}$$

Se aplica el mismo procedimiento anteriormente descrito en el cálculo del módulo resiliente ponderado para la sub rasante, el número de meses en que los suelos de fundación permanecen en condiciones de secos, húmedos y saturados.

MES	MODULO RESILENTE	DAÑO RELATIVO (UF)
Enero	23449,556	0.0085
Febrero	23449,556	
Marzo	23449,556	
Abril	23449,556	
Mayo	23449,556	
Junio	23449,556	
	18089,664	0.0156
Julio	18089,664	
Agosto	18089,664	
Septiembre	18089,664	
	15409,71	0.0227
Octubre	15409,71	
Noviembre	15409,71	
Diciembre	15409,71	

**Tabla 17. Módulo resiliente ponderado sub base**

**Fuente: Autores.**

Daño relativo:

$$U_f = 1,18 * 10^8 * MR^{(-2,32)} \quad \text{Ec 23}$$

$$Uf_{Seco} = 1,18 * 10^8 * 23449,556^{(-2,32)} = 0.00857$$

$$0.00857 * 11 \text{ Quincenas} = 0.0942$$

$$Uf_{Húmedo} = 1,18 * 10^8 * 18089,664^{(-2,32)} = 0.0156$$

$$0.0156 * 6 \text{ Quincenas} = 0.0936$$

$$Uf_{Saturado} = 1,18 * 10^8 * 15409,71^{(-2,32)} = 0.0227$$

$$0.0227 * 7 \text{ Quincenas} = 0.1589$$

$$\text{Daño relativo} = Uf_{Saturado} + Uf_{Húmedo} + Uf_{Seco}$$

$$\text{Daño relativo} = 0.3467$$

$$UF_{ponderado} \frac{0.3467}{24} = \mathbf{0.014}$$

$$MrPon = \frac{-2,32}{1,18 \times 10^8} \frac{0.014}{\text{---}}$$

$$MrPon = 18982.011 \text{ Psi.}$$

#### 4.4.7. Módulo Resiliente Efectivo (Ponderado) del material de bases no tratadas

Al poseer un módulo resiliente de subrasante igual a 12916.489 Psi, se interpola en la figura 42, para buscar el valor real de  $\emptyset$  obteniendo un resultado de 18.61.

$$8000 \text{ seco} * 18.61^{0.60} = 46231.48 \text{ Psi} \quad \text{Ec. (28)}$$

$$9000 \text{ húmedo} * 18.61^{0.60} = 52010.41 \text{ Psi} \quad \text{Ec. (28)}$$

$$3200 \text{ saturado} * 18.61^{0.60} = 18492.52 \text{ Psi} \quad \text{Ec. (28)}$$

MES	MODULO RESILENTE	DAÑO RELATIVO (UF)
Enero	46231,48	0.00175
Febrero	46231,48	
Marzo	46231,48	
Abril	46231,48	
Mayo	46231,48	
Junio	46231,48	
	52010.41	0.00135
Julio	52010.41	
Agosto	52010.41	
Septiembre	52010.41	
	18492.52	0.01487
Octubre	18492.52	
Noviembre	18492.52	
Diciembre	18492.52	
	18492.52	

**Tabla 18. Módulo resiliente ponderado de la base**

**Fuente: Autores.**

Daño relativo:

$$Uf = 1,18 * 10^8 * MR^{(-2,32)}$$

$$Uf_{Seco} = 1,18 * 10^8 * 46231.48^{(-2,32)} = 0.00175$$

$$0.00175 * 11 \text{ Quincenas} = 0.019$$

$$Uf_{Húmedo} = 1,18 * 10^8 * 52010.41^{(-2,32)} = 0.00135$$

$$0.00135 * 6 \text{ Quincenas} = 0.0081$$

$$Uf_{Saturado} = 1,18 * 10^8 * 18492.52^{(-2,32)} = 0.01487$$

$$0.01487 * 7 \text{ Quincenas} = 0.1036$$

$$\text{Daño relativo} = Uf_{Saturado} + Uf_{Húmedo} + Uf_{Seco}$$

$$\text{Daño relativo} = 0.1307$$

$$UF_{ponderado} \frac{0.1307}{24} = 0.0054$$

$$MR = \frac{-2,32}{1,18 \times 10^8} \frac{0.0054}{1} =$$

$$MrPon = 28620.417 \text{ Psi.}$$

#### 4.4.8. Coeficientes estructurales de los diversos materiales y mezclas que conforman la estructura del pavimento.

- Coeficiente estructural para carpeta de concreto asfáltico ( $a_1$ ):

Con una estabilidad Marshall de 2100 (lbs), nos encontramos con un coeficiente estructural de 0.44 en el nomograma de la figura 43.

- Coeficiente estructural para bases granulares ( $a_2$ ):

$$a_{base \text{ granular}} = 0,249 \cdot 28620.417^{-0.977} \quad \text{Ec. (29)}$$

$a_2 = 0.13$  se acota al máximo 0.14.

- Coeficiente estructural para sub- bases granulares ( $a_3$ ):

$$a_{sub-base} = 0,227 \cdot 18982.011 - 0.839 \quad \text{Ec. (30)}$$

$a_3 = 0.13$ .

#### 4.4.9. SN: Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

Una vez que las variables de diseño mencionadas anteriormente, son introducidas en el Nomograma de la figura 44, se resuelve la misma con la finalidad de obtener el Numero Estructural (SN).

#### Datos

Log wt18= 6.038

ZR= -0,674

Sr= 0.45

$\Delta$ PSI= 2,2

Mr = 12916,49

SN= 2,8 El valor encontrado para el Numero Estructural en subrasante

El mismo procedimiento ocurre en las bases y la sub-base pero con el único cambio en el módulo resiliente, respectivo a cada capa.

Módulo Resiliente	Nro. Estructural
12916.49	2.80

28620,41	2.08
18982.11	2.56

**Tabla 19. Números estructurales**

**Fuente: Autores.**

#### 4.4.10. Características estructurales del Drenaje

Al ubicarnos en la figura 46, y con las variables correspondientes como lo son la zona de estudio ubicada región VI y con un drenaje que elimina el agua en 1 hora de acuerdo a la figura 45, interceptamos y hallamos el valor de 1,00, para el cálculo de los espesores de base y sub base.

#### 4.4.11. Espesores mínimos.

Asfalto

$$D1 \geq \frac{2.08}{0.44} = 4.72'' = 11.98\text{cm} = \mathbf{12\text{ cm}} \quad \text{Ec (31)}$$

$$SN_1 \geq 4.72 * 0.44 = 2.081 \geq 2.08 \quad \text{Ec (32)}$$

Base

$$D2 \geq \frac{2.56-2.08}{0.14*1} = 3.42'' = 8.70\text{cm} = \mathbf{9\text{ cm}} \quad \text{Ec. (33)}$$

$$3.54 * 0.14 + 2.08 = 2.575 \geq 2.56 \quad \text{Ec. (34)}$$

Sub base

$$D3 \geq \frac{2.8-2.57}{0.13*1} = 1.76'' = 4.49\text{ cm} = \mathbf{5\text{cm}} \quad \text{Ec. (35)}$$

$$1.96'' * 0.13 + 2.57 = 2.575 = 2.82'' \geq 2.8 \quad \text{Ec (37)}$$

Se aumentaron los espesores de la base y sub base a 15cm y 25 cm respectivamente por motivos constructivos y de seguridad, dado que dieron como resultado espesores bajos.

#### **4.5. Planos de ingeniería de detalle**

Dando continuidad a los objetivos planteados en el proyecto, los planos de ingeniería de detalle muestran los detalles generales del proyecto, toda la información necesaria para su ejecución, los cuales se muestran en los anexos 1-8.

## **CAPÍTULO V.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

- El diseño geométrico de la carretera, considerando que se clasifica como una carretera de bajo volumen de tránsito pero con alto porcentaje de vehículos pesados, nos ha permitido adoptar una velocidad de diseño de 90km/h, teniendo un ancho de carril de 3.60 metros, con fajas estabilizadoras de 0.60 metros en ambos extremos y una pendiente transversal de 2%, considerando en todo su recorrido 3 curvas horizontales con radios de 300 metros cada una con peraltes máximos de 8%.
- El cálculo del método AASTHO-93 de pavimentos flexibles, demostró darle mayor importancia al espesor de la capa asfáltica, siendo de 12 cm para este proyecto, en comparación con los espesores de la capa base y sub base con 9cm y 5cm respectivamente, los cuales se aproximaron a 25cm y 15cm por motivos de construcción y seguridad.
- Los movimientos de tierra fueron establecidos en base a las pendientes máximas recomendadas por el MTC 1997, con una distribución estratégica en el perfil longitudinal, con el fin de mantener cantidades bajas entre corte y relleno.
- Con el uso del diagrama de masas se puede hacer un análisis significativo que permita realizar una planificación de equipos que proporcione una buena ejecución de los procesos constructivos de una carretera en el movimiento de tierra.
- En el planteamiento del proyecto se evidenció que la velocidad de diseño (90 km/h), es un factor importante que influye en la mayoría de

las variables de los criterios de diseño geométrico establecidos en el MTC 1997 y en el diseño de pavimento por el método ASSTHO-93 para pavimentos flexibles.

- Se establecieron espesores bajos de base y sub base, debido a que se cuenta con material granular de buena calidad con CBR de 52% y 18% respectivamente, datos que influyen en el cálculo del número estructural.
- Se observó que mas de 40% del TPD fueron vehículos pesados, factor que influye de gran manera al momento de establecer las dimensiones y radios de giro de la calzada, como también en el volumen de servicio y capacidad de cargas de ejes equivalentes que soportara la estructura del pavimento.
- La fijación del valor de confiabilidad "R" debe seleccionarse en función de los rangos establecidos en la figura 34, dado que para efectos de diseño debe quedar claro que a medida que el valor de la confiabilidad se hace más grande, serán necesario unos mayores espesores de pavimento.
- El uso del software Civil3D permitió realizar un diseño geométrico basado en las normas planteadas en cada uno de los objetivos, arrojando valores acorde a los parámetros de exigencia de cada uno de los criterios de diseño, igualmente proporcionó los cálculos necesarios de los volúmenes que conlleva el movimiento de tierras, así como la elaboración de planos planta y de perfil para la presentación del proyecto.

## 5.2. Recomendaciones

- Con los resultados obtenidos en el proyecto se recomienda, plantear su ejecución, pues con ello se solucionarían los problemas de tiempos de viaje en el manejo de la producción petrolera.
- Se recomienda realizar un plan específico ambiental, con la finalidad de mitigar los efectos negativos producidos por la ejecución del proyecto en las fases de construcción, operación y mantenimiento.
- Para el desarrollo de futuros proyectos de carreteras, se recomienda establecer los estudios hidrográficos de la topografía del terreno, aledaños a dichas vías operacionales, para optimizar los cálculos de los sistemas de drenaje, ya que un buen drenaje influye directamente en la vida útil del diseño de pavimento.
- Es importante acotar que las metodologías presentadas para cada uno de los diseños establecidos en esta tesis, no son las únicas existentes actualmente. Sería apropiado realizar algún otro estudio que se base en las metodologías de diseño que no fueron aplicando en este proyecto y poder realizar una comparación de resultados, como por ejemplo las metodologías para pavimento rígidos de la AASHTO-93, así como también, el diseño hidráulico por la ecuación de Manning.
- Realizar un plan de mantenimiento para la limpieza de las cunetas antes de la época de lluvias con lo cual se evitará concentración de basura, o que puedan encontrarse obstruidas de tierra o vegetación, a fin de mantenerlas en estado óptimo ante cualquier eventualidad.
- Con el fin de prolongar la vida útil del diseño de pavimento, la AASTHO recomienda realizar un proyecto de mantenimiento, cuando esta se encuentre en los últimos años de vida útil del diseño.

- Utilizar este tipo de software AutoCAD Civil 3D para el cálculo y diseño de carreteras y explorar todas las diferentes funciones y complementos que contiene disponibles que hagan más eficiente el trabajo profesional.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación**. Sevilla, España: Espíteme. Quinta Edición.
- Bervis, E. (2001), **Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenajes en Caminos Rurales**. Lima, Perú.
- Camacho, R. (2013). **Propuesta de diseño de la vía rural entre los sectores La Villa - Barranco Blanco del municipio Urumaco Estado Falcón**. Tesis de grado, área de ingeniería, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Falcón.
- Cal y Mayor, R (2007). **Ingeniería de tránsito**. 8va Edición, México: ALFAOMEGA
- Cárdenas, R. (2010). **Manual de drenaje vial urbano**. Maracaibo, Venezuela.
- Choconta, C. (1998). **Diseño geométrico de una vía**. Lima, Perú
- Crespo, C. (2004). **Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos**. 3ra Edición, México: Limusa.
- Corredor, G. (2010). **Diseño de pavimentos I – obtencion y manejo de la informacion de transito**. Modulo III, Editorial: MTI.
- Corredor, G. (2010). **Diseño de pavimentos I – Experimento vial de la AASHTO y las guias de diseño de AASTHO**. Modulo III, Editorial: MTI.

- Fanizzi, A. (2014). **Propuesta del sistema de drenaje vial para la población de Mene Grande situada en el Municipio Baralt del estado Zulia.** Trabajo especial de grado, facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta, Zulia.
- Garcia, J. (2015). **Diseño geométrico de la calle 88 Falcón del municipio Maracaibo.** Trabajo especial de grado, facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta, Zulia.
- Harumi, K. (2014). **Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana norte en el tramo de huacho a Pativilca (km 188 a 189).** Tesis, Facultad de ciencias e Ingeniería, Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima - Perú.
- Jugo, A. (2010). **Metodología para diseño de pavimentos asfálticos para vías de bajo volumen de tráfico.**
- Kraemer, C. y Pardillo, J. (2004). **Ingeniería de carreteras Volumen II.** Madrid, España: McGraw-Hill.
- Norma AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2001. Fourth edition. USA.
- Normas de Proyectos de Carreteras. **MTC 1982 y NORVIAL 1.985.**
- Ministerio de Obras Públicas, **MANUAL DE DRENAJES (1965).**
- Morales, H. (2006). **Ingeniería vial I para estudiantes de grado de ingeniería civil.** Santo Domingo, Republica Dominicana: INTEC.
- Linsley, R. (1997). **Hidrología para ingenieros.** Estados Unidos: McGRAW HILL.

Parte I. CARRETERAS. Sector Construcción. Especificaciones. Codificación y Mediciones. Oficina de Normas. Dirección de Estudios y Proyectos. Dirección General de Vialidad. COVENIN 2000-87.

Ríos, J. (1996). **Fundamentos para el diseño de pavimentos**. Trabajo presentado como requisito para ratificar la categoría de profesor asistente. Departamento de ingeniería civil, Universidad De Oriente.

**METADATOS PARA TRABAJO DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

TÍTULO	Propuesta de enlace vial desde Puente Río Claro progresiva (1+460), hasta la U.B.C.P JB-21, progresiva (3+225), en el área operacional de PDVSA, municipio Monagas estado Anzoátegui.
SUBTÍTULO	

**AUTOR (ES):**

APELLIDO Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E-MAIL
Gómez Palma, Royert Argenis	CVLAC: 21.328.348 E-MAIL: ragomezpalma@gmail.com
Velásquez Centeno, Gabriel José	CVLAC: 20.741.728 E-MAIL: gvelasquezcenteno@gmail.com
	CVLAC: E-MAIL:
	CVLAC: E-MAIL:

**PALABRAS O FRACES CLAVES:**

Vía operacional  
 Diseño geométrico  
 Movimiento de tierra  
 Diagrama de masas  
 Sistema de drenajes  
 Diseño de pavimento

**METADATOS PARA TRABAJO DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ÁREA	SUBÁREA
INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	Ingeniería Civil

**RESUMEN (ABSTRACT):**

La Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías contiene una de las reservas más grande de hidrocarburos en el mundo, divididas en 4 bloques, conocidos como Boyacá, Junín, Carabobo y Ayacucho. El campo Junín, se encuentran en pleno desarrollo las nuevas Unidades Básicas de Construcción de Producción (U.B.C.P), ubicadas cada vez más distantes al Centro de Bombeo Junín (CBJ), y solo cuenta con vías de comunicación provisionales (trochas). Por lo cual se realizó un enlace en la principal vía de acceso, situada entre el puente sobre Río Claro, hasta la U.B.C.P JB-21 contando con un diseño geométrico establecido bajo los criterios del MTC-97 y NORVIAL, mientras que el replanteo de la topografía se realizó con el software CIVILCAD 3D, proyectando los volúmenes del movimiento de tierra y creando una simulación de los caudales provenientes de las cuencas contribuyentes cercanas a la vialidad, para así calcular el caudal de diseño de las cunetas tipo A, establecidas como sistemas de drenajes, bajo los parámetros exigidos por el MOP 1967, igualmente se estableció una calzada de 3,60 m por carril, diseñando las capas de la estructura del pavimento con la metodología ASSHTO-93 para pavimentos flexibles.

**METADATOS PARA TRABAJO DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E-MAIL</b>				
Cabrera Velásquez, Daniel Jesús	ROL	CA:	AS:	TU: X	JU:
	CVLAC:	17.421.606			
	E-MAIL:	<a href="mailto:Danieldjc1986@gmail.com">Danieldjc1986@gmail.com</a>			
	E-MAIL:				
Martínez Guerra, Jhonatan Alex	ROL	CA:	AS:	TU:	JU: X
	CVLAC:	15.376.400			
	E-MAIL:	ingmartinezgj@gmail.com			
	E-MAIL:				
Gonzalez Hernández, Anabel Yoedelin	ROL	CA:	AS:	TU:	JU: X
	CVLAC:	16.573.233			
	E-MAIL:	Anabelyoedelin@hotmail.com			
	E-MAIL:				
	ROL	CA:	AS:	TU:	JU:
	CVLAC:				
	E-MAIL:				
	E-MAIL:				
	ROL	CA:	AS:	TU:	JU:
	CVLAC:				
	E-MAIL:				
	E-MAIL:				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2016	12	09
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

**METADATOS PARA TRABAJO DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Propuesta de enlace vial desde Puente Río Claro progresiva (1+460), hasta la U.B.C.P JB-21, progresiva (3+225), en el área operacional de PDVSA, municipio Monagas estado Anzoátegui.	Aplicación/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H I  
J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s t u v w x  
y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

**ALCANCE****ESPACIAL:** (OPCIONAL).**TEMPORAL:** (OPCIONAL).**TITULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

INGENIERO CIVIL

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

PREGRADO

**ÁREA DE ESTUDIO:**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**INSTITUCIÓN:**UNIVERSIDAD DE ORIENTE / NÚCLEO ANZOÁTEGUI / EXTENSIÓN  
CANTAURA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumand, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VERBALE Nº 696/2009"**.

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

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	Notificación que hago a usted a los fines consiguientes.
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR: <i>Razuly</i>	
FECHA: 5/8/09 HORA: 5:30	

Cordialmente,

*Juan A. Bolanos*  
JUAN A. BOLANOS CUBELA  
Secretario



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

JABC/YOC/mar/ya

**METADATOS PARA TRABAJO DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

## DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II semestre 2009, según comunicación CU-034-2009).

**“los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad De Oriente y sólo podrán ser utilizadas por otros fines con el consentimiento del consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”**

---

Velásquez C. Gabriel J.

---

Gómez P. Royert A.

AUTOR (ES)

---

Cabrera, Daniel

TUTOR

---

Martínez, Jhonatan

JURADO

---

Gonzalez, Anabel

JURADO

---

POR LA COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO