

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA
VELOCIDAD DE LOS VEHICULOS EN CURVAS
HORIZONTALES SUCESIVAS APLICADO A LOS TRAMOS
PADCAYA – LA MAMORA Y CRUCE SAN LORENZO – FALDA
LA QUEÑUA”**

Por:

EVA YENI GUERRERO ALFARO

Proyecto de Grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Diciembre de 2014

TARIJA – BOLIVIA

.....
Msc. Ing. Ernesto Alvarez González
Ramírez

**DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

.....
Ing. Silvana Paz

**VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Mario L. Ticona C.

.....
Ing. Luis Alberto Yurquina F.

.....
Ing. Mabel Zambrana

El tribunal calificador del presente Proyecto de Grado, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

El presente trabajo va dedicado a mis Padres Bonifacio y Antolina, a mis hermanos, a quien le debo todo lo que soy, agradeciendo el sacrificio que hizo para que salga adelante a pesar de las adversidades de la vida.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios por darme el don de la vida, por haber puesto fe y sabiduría, lo que me fortaleció y me dio perseverancia para poder alcanzar mis objetivos y anhelos

A mis Padres el más grande sentimiento de gratitud de respeto, por su infinito amor, comprensión y apoyo incondicional en el trayecto de nuestro diario caminar

A los docentes que me apoyaron para realizar este trabajo y a todos aquellos a quienes me dieron sugerencias.

PENSAMIENTO:

Todos los seres humanos hemos recibido la misma opción para realizarnos. La gran diferencia la marcan aquellos pocos que se han decidido a emplearse a fondo para lograr lo que desean (Miguel Ángel Cornejo)

ÍNDICE

Página N°

CAPÍTULO I:

1.1.-INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.-JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3.- DISEÑO TEORICO.....	3
1.3.1 Situación Problemica.....	3
1.3.2 Problema.....	3
1.4.-OBJETIVOS.....	4
1.4.1.-Objetivo general.....	3
1.4.2.-Objetivos específicos.....	4
1.5.- HIPOTESIS.....	4
1.6.- VARIABLES.....	4
1.7.- DISEÑO METODOLOGICO.....	5
1.7.1 Componentes.....	5
1.7.2 Método y técnicas.....	5
1.8.- ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN	8

CAPÍTULO II ASPECTOS GENERALES DE DISEÑO GEOMETRICO EN CARRETERAS

2.1.-DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA.....	9
2.1.1 Generalidades.....	9
2.1.2 Aspectos de Diseño.....	10
2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO.....	12
2.2.1 Planimetría.....	12

2.2.1.1 Criterios para establecer el trazado en planta.....	13
2.2.1.2 Alineamiento recto.....	13
2.2.1.3 Radios mínimos.....	14
2.2.1.4 Radio limite en contraperalte.....	16
2.2.1.5 Peralte y coeficiente de fricción.....	16
2.2.1.6 Desarrollo mínimo de curvas horizontales.....	18
2.3 CURVAS HORIZONTALES.....	19
2.3.1 Tipos de curva.....	19
2.3.1.1 Curva circular simple (CCS).....	19
2.3.1.2 Curva circular compuesta (CCC).....	21
2.3.1.3 Curva circular inversa (CCI).....	21
2.3.1.4 Curva circular de transición (CCT).....	22
2.3.1.4.1 Clotoide.....	22
2.3.1.4.2 Elementos de la curva en transición.....	25
2.3.1.5 Curvas compuestas.....	27
2.3.1.6 Sobreechancho.....	27
2.4 ALTIMETRÍA.....	30
2.4.1 Enlace con curvas verticales.....	30
2.4.2 Pendiente.....	32

CAPITULO III VELOCIDADES DE CIRCULACIÓN EN CARRETERAS

3.1 VELOCIDAD DE DISEÑO.....	34
3.1.1 Conceptos.....	34
3.2 TIPOS DE VELOCIDADES.....	35
3.2.1 Velocidad de punto.....	35
3.2.2 Velocidad media temporal.....	36
3.2.3 Velocidad media espacial.....	36
3.2.4 Velocidad de recorrido total.....	39
3.2.5 Velocidad en marcha.....	39

	Página N°
3.2.6 Velocidad de proyecto.....	40
3.2.7 Velocidad específica de las curvas horizontales.....	41
3.2.8 Velocidad en tangente horizontal.....	45
3.2.9 Velocidad de operación.....	45
3.3 AFORO DE VELOCIDADES.....	47
3.3.1 Métodos.....	47
3.3.1.1 Método de radar.....	48
3.3.1.2 Fotografías aéreas.....	49
3.3.1.3 Detectores puntuales.....	49
3.4 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD.....	50
3.4.1 Análisis de velocidad de punto.....	50
3.5 MODELO DEL COMPORTAMIENTO.....	51
3.5.1 Modelos de velocidad de operación que consideran efecto de la tangente de entrada.....	51
3.5.2 Modelos para la estimación de velocidad de operación en curvas.....	52
3.6 VISIBILIDAD.....	55
3.6.1 Distancia de visibilidad para parar.....	55
3.6.2 Distancia de visibilidad para pasar.....	56
3.6.3 Distancia de visibilidad horizontal en curvas.....	57
CAPITULO IV APLICACIÓN PRÁCTICA	
4.1 UBICACIÓN EN EL CONTEXTO REGIONAL.....	58
4.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS TRAMOS.....	58
4.1.1.1 Tramo Padcaya – La Mamora.....	58
4.1.1.2 Tramo Cruce San Lorenzo – Falda La Queñua.....	59
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS EN ESTUDIO.....	61

	Página N°
4.2.1 Tramo Padcaya – La Mamora.....	61
4.2.2 Tramo Cruce San Lorenzo – Falda La Queñua.....	62
4.3 RELEVAMIENTO PLANIMETRICO Y ALTIMETRICO.....	63
4.4 ESTUDIO DE VELOCIDADES.....	70
4.4.1 Aforos de los dos tramo	71
4.4.2 Procesamiento.....	73
4.4.3 Resultados.....	75
4.5 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIEÑO EN CURVAS SUCESIVAS.....	77
4.5.1 Análisis de los perfiles de velocidad de los dos tramos.....	86
4.5.2 Valoración.....	87
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Conclusión.....	92
5.2 Recomendación.....	94
5.3 Bibliografía.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página N°
Fig.1 Curva circular.....	19
Fig.2 Elementos de la curva circular.....	20
Fig.3 Elementos de la curva circular compuesta	21
Fig.4 Curva circular inversa.....	22
Fig.5 Elementos de la curva de transición.....	25
Fig.6 Distribución del sobreechanco en los sectores de transición y circular.....	29
Fig.7 Curva cóncava.....	30
Fig.8 Curva convexa.....	31
Fig.9 El conductor debe ver un obstáculo con debida anticipación.....	32
Fig.10 Curva N°2 tramo Padcaya- La Mamora.....	41
Fig.11 Curva N°4 Tramo Padcaya – la Mamora.....	42
Fig.12 Curva N°7 tramo Padcaya – la Mamora.....	43
Fig.13 Curva N°5 Tramo Padcaya – la Mamora.....	43
Fig.14 Recta hacia la curva N°6 tramo Padcaya – la Mamora.....	44
Fig.15 Recta tramo Padcaya – la Mamora.....	44
Fig.16 Curva N°4 tramo Padcaya – la Mamora.....	48
Fig.17 Pistola radar portátil.....	49
Fig.18 Tubos neumáticos.....	50
Fig.19 Localización del proyecto en el contexto del departamento de Tarija.....	58
Fig.20 localización del proyecto en el contexto del departamento de Tarija.....	60
Fig.21 Tramo Padcaya – la Mamora.....	61

	Página N°
Fig.22 Túnel Falda La Queñua.....	62
Fig.23 Carretera Padcaya – La Mamora.....	63
Fig.24 Topografía Falda La Queñua.....	66
Fig.25 Tramo Padcaya – la Mamora.....	70
Fig.26 Tramo San Lorenzo – Falda La Queñua.....	70
Fig.27 Tramo Padcaya – La Mamora.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

	Página N°
Cuadro 1 La longitud mínima de curva.....	10
Cuadro Deflexión máxima aceptable sin curva circular.....-	11
Cuadro 3 Longitud de rectas en el mismo sentido.....	14
Cuadro 4 Valores máximos absolutos en curvas horizontales.....	15
Cuadro 5 Radios mínimos absolutos en curvas horizontales.....	15
Cuadro 6 radio limite en curvas contraperalte en tramos singulares.....	16
Cuadro 7 valores admisibles de la pendiente relativa de borde.....	17
Cuadro 8 Proporción del peralte a desarrollar en recta	17
Cuadro 9 desarrollo mínimo para curvas circulares de radio mínimo.....	18
Cuadro 10 variación de la aceleración transversal para unidad de tiempo.....	24
Cuadro 11 Parámetro mínimo de la clotoide.....	24
Cuadro 12 Características generales de la clotoide.....	25
Cuadro 13 Pendiente para identificar el tipo de terreno.....	32
Cuadro 14 pendiente máxima de rasante.....	33
Cuadro 15 Velocidad de proyecto.....	40
Cuadro 16 Velocidad directriz.....	41
Cuadro 17 Ecuación de fitzpatrick para la estimación de velocidad de operación...46	46
Cuadro 18 Modelo conceptual de velocidad de operación.....	52
Cuadro 19 Modelo para la estimación de velocidad de operación en curvas con el radio.....	53
Cuadro 20 Modelo para estimación de la velocidad considerando otras variable..54	54

Cuadro 21	Características de la vía.....	61
Cuadro 22	Topografía del tramo.....	62
Cuadro 23	Características de la vía.....	63
Cuadro 24	Relevamiento planímetro y altimétrico.....	64
Cuadro 25	Relevamiento planímetro y altimétrico.....	67
Cuadro 26	Planilla de aforo.....	72
Cuadro 27	Planilla de promedio de velocidad de cada curva aforada.....	73
Cuadro 28	Máximas y mínimas velocidades de todo el tramo Padcaya – la Mamora.....	75
Cuadro 29	Máximas y mínimas velocidades de todo el tramo San Lorenzo – Falda La Queñua	76
Cuadro 30	Gráfica de velocidad tramo Padcaya – la Mamora.....	77
Cuadro 31	Gráfica de velocidad promedio Padcaya – la mamora.....	78
Cuadro 32	Velocidad promedio de la curva N°1 para la gráfica.....	79
Cuadro 33	Gráfica de velocidad tramo la Mamora - Padcaya.....	80
Cuadro 34	Grafica de velocidad promedio la Mamora - Padcaya.....	81
Cuadro 35	Velocidad promedio.....	81
Cuadro 36	Gráfica de velocidad San Lorenzo – Falda la Queñua.....	82
Cuadro 37	Gráfica de velocidad promedio San Lorenzo – Falda la Queñua.....	83
Cuadro 38	Velocidad promedio curva N°1.....	84
Cuadro 39	Gráfica de velocidad Falda la Queñua – San Lorenzo.....	84
Cuadro 40	Gráfica de velocidad promedio Falda la Queñua - San Lorenzo.....	85
Cuadro 41	Velocidad promedio	86

Cuadro 42	Curva modelo de Padcaya – La Mamora.....	87
Cuadro 43	Velocidad percentil Padcaya – la Mamora.....	89
Cuadro 44	Velocidad percentil San Lorenzo – Falda la Queñua.....	90

ANEXOS

- Anexo 1. Velocidad promedio
- Anexo 2. Desviación estándar de velocidad
- Anexo 3. Sobre Ancho
- Anexo 4. Fotografías
- Anexo 5. Planos