

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DE FACTORES PARA LA ESTIMACIÓN  
DE LA VELOCIDAD EN CURVAS HORIZONTALES”**

**Por:**

**OMAR RUBEN ORTIZ PALAZUELOS**

**Semestre I-2021**

**Tarija-Bolivia**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

**“ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DE FACTORES PARA LA ESTIMACIÓN  
DE LA VELOCIDAD EN CURVAS HORIZONTALES”**

**Por:**

**OMAR RUBEN ORTIZ PALAZUELOS**

**Semestre I-2021**

**Tarija-Bolivia**

El tribunal calificador de la presente Tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en la misma, siendo única responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

Con todo mi cariño y amor a mis padres, mi hermana y mi familia que me apoyaron en todo este tiempo, y que me inspiraron para lograr mis metas y cumplirlas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por permitir cumplir una meta más en mi vida llenándome de satisfacción y esperanza.

A mi madre Patricia y a mi padre Omar por ser los pilares y ejemplos de mi formación. A mis abuelas, hermana y amigos por ser mi apoyo incondicional en todo este tiempo.

A cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil que me brindaron sus conocimientos en estos años.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

	<b>Página</b>
1.1	INTRODUCCIÓN..... 1
1.2	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE APLICACIÓN ..... 2
1.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 3
1.3.1	Situación problemica ..... 3
1.3.2	Problema..... 4
1.4	OBJETIVOS DEL PROYECTO DE APLICACIÓN ..... 4
1.4.1	Objetivo general ..... 4
1.4.2	Objetivos específicos..... 4
1.5	HIPÓTESIS ..... 5
1.6	VARIABLES..... 5
1.6.1	Variable independiente ..... 5
1.6.2	Variable dependiente ..... 5
1.6.3	Conceptualización de variables ..... 5
1.7	ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN ..... 6

### CAPÍTULO II

#### CONCEPTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y VELOCIDAD DE DISEÑO DE UNA CURVA DE CARRETERA

	<b>Página</b>
2.1	PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO ..... 7
2.1.1	Controles del trazado en planta ..... 7
2.1.2	Criterios para establecer el trazado en planta ..... 8
2.1.3	Velocidad de proyecto ..... 9
2.1.4	Velocidad específica..... 10
2.1.5	Velocidad de operación ..... 10
2.1.6	Velocidad percentil 85..... 11
2.1.7	Velocidad de proyecto según categoría de la obra vial ..... 11

2.1.8	Tiempos de recorrido y demoras .....	12
2.1.9	Visibilidad .....	12
2.1.10	Peralte .....	13
2.1.11	Sobreebanco .....	14
2.2	<b>FUNCIONES DE UNA RED DE CARRETERAS</b> .....	14
2.3	<b>LA SEGURIDAD EN LOS VEHÍCULOS</b> .....	15
2.4	<b>CURVAS CIRCULARES</b> .....	16
2.4.1	Elementos de la curva circular.....	16
2.4.2	Radios mínimos absolutos .....	17
2.4.3	Curvas horizontales con radios sobre los mínimos .....	19
2.4.4	Sobreebanco en curvas circulares.....	19
2.4.5	Elementos que definen las corrientes de tráfico .....	20
2.4.6	Geometría de las curvas circulares .....	22
2.4.7	Relación entre la velocidad de proyecto y algunas características físicas de las carreteras .....	26
2.4.8	Velocidades de proyecto para distintas condiciones topográficas.....	27
2.5	<b>CURVAS DE TRANSICIÓN</b> .....	27
2.5.1	Transición .....	27
2.5.2	Función .....	33
2.5.3	La clotoide .....	35
2.5.4	Longitudes mínima y máxima .....	37
2.6	<b>DISTRIBUCIÓN DE LAS VELOCIDADES</b> .....	39
2.7	<b>ESTUDIO DE VELOCIDADES</b> .....	41
2.7.1	Aspectos generales .....	41
2.7.2	Métodos para la determinación de velocidades de operación .....	42
2.7.3	Definición de velocidades máximas .....	46
2.8	<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE DISEÑO</b> .....	49
2.8.1	Criterio de seguridad I .....	50
2.8.2	Criterio de seguridad II.....	50
2.9	<b>SISTEMA DE CLASIFICACIÓN</b> .....	51
2.9.1	Categoría de las vías .....	51

### **CAPÍTULO III**

#### **APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE LAS CURVAS EN EL TRAMO “TÚNEL FALDA LA QUEÑUA-PUENTE CALAMA” ENTRE PROGRESIVAS 2+500 A 7+500**

	<b>Página</b>
3.1	ELECCIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO..... 56
3.2	REVISIÓN DE LAS CONDICIONES EN EL TRAMO ELEGIDO ..... 56
3.3	CLASIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS CURVAS ..... 56
3.4	AFORO DE LAS VELOCIDADES EN EL TRAMO DE ESTUDIO ..... 58
3.4.1	Definir los puntos de aforo en la curva..... 58
3.4.2	Preparación de los instrumentos a emplear en la medición..... 58
3.4.3	Aforo de tiempos de recorrido..... 59
3.5	CALCULO DE LAS VELOCIDADES EN GABINETE ..... 60
3.5.1	Obtención de las velocidades de recorrido obtenidas de campo ..... 60
3.5.2	Calculo de la velocidad media de cada curva..... 60
3.5.3	Estimación de las velocidades de diseño según criterio y bibliografía ..... 62
3.5.4	Calculo de la velocidad percentil 85 de cada curva..... 62
3.6	EVALUACIÓN DEL DISEÑO Y CONSISTENCIA DE LAS CURVAS EN EL TRAMO ESCOGIDO ..... 64
3.7	TABLA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN GABINETE ..... 68
3.8	ANÁLISIS Y COMPROBACIÓN DE RESULTADOS FINALES ..... 69
3.9	ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL PRESENTE PROYECTO A CARRETERAS NO PAVIMENTADOS ..... 79

### **CAPÍTULO IV**

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	<b>Página</b>
4.1	CONCLUSIONES..... 82
4.2	RECOMENDACIONES ..... 83

#### **Bibliografía**

#### **Anexos**

#### **Planos**



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	<b>Página</b>
Ilustración 1 Elementos de una curva circular .....	16
Ilustración 2 Elementos de la curva circular simple .....	23
Ilustración 3 Enlace de alineamientos rectos con curvas compuestas y revertidas.....	23
Ilustración 4 Enlace de alineamientos rectos con curvas circulares simples .....	24
Ilustración 5 Elementos de una curva compuesta .....	25
Ilustración 6 Elementos de una curva revertida .....	26
Ilustración 7 Longitud de una curva de transición .....	28
Ilustración 8 Construcción de una curva de transición .....	31
Ilustración 9 Elementos de una curva de transición.....	32
Ilustración 10 Parámetros de inserción de una curva de transición .....	34
Ilustración 11 Materiales para la aplicación practica.....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1 Tabla de conceptualización de variables.....	5
Tabla 2 Tabla de valores máximos para el peralte y la fricción transversal .....	17
Tabla 3 Tabla de radios mínimos absolutos en curvas horizontales .....	18
Tabla 4 Tabla de relación entre la velocidad de proyecto-Radio mínimo-Distancia de visibilidad de frenado y de paso .....	26
Tabla 5 Tabla de velocidades de proyecto para distintas condiciones topográfica.....	27
Tabla 6 Tabla de rango de velocidades equivalentes .....	42
Tabla 7 Tabla de aspectos temporales para medición de velocidades .....	43
Tabla 8 Tabla de velocidad límite legal máxima en vías interurbanas .....	47
Tabla 9 Criterios de seguridad .....	49
Tabla 10 Tabla de clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales.....	52
Tabla 11 Tabla de clasificación y organización de curvas.....	57
Tabla 12 Tabla de tiempos aforados .....	60

Tabla 13	Tabla de velocidades de recorrido .....	61
Tabla 14	Tabla de velocidades medias.....	62
Tabla 15	Tabla de velocidades de dato menor a mayor .....	62
Tabla 16	Tabla de velocidad percentil 85 .....	63

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

	<b>Página</b>	
Gráfica 1	Longitudes mínima y máxima de una clotoide .....	38
Gráfica 2	Velocidades medias de subida .....	69
Gráfica 3	Velocidades medias de bajada .....	70
Gráfica 4	Velocidad percentil 85 de subida .....	71
Gráfica 5	Velocidad percentil 85 de bajada .....	72
Gráfica 6	Comparación de resultados de subida .....	73
Gráfica 7	Comparación de resultados de bajada .....	74