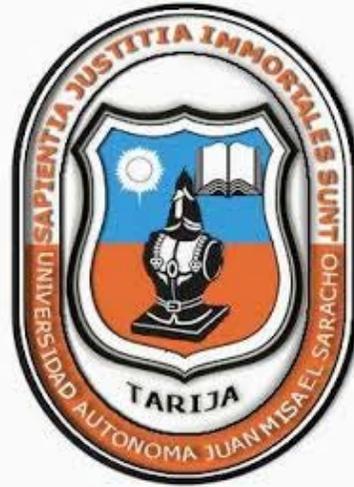


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE  
CATANIA (ITALIA) PARA DETERMINAR EL NIVEL DE  
SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS APLICADA A TRAMOS  
ESPECÍFICOS DE LA RED VIAL DEL DEPARTAMENTO DE  
TARIJA”**

**Por:**

**FREDDY JAVIER MORALES CASSAL**

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

**SEMESTRE I – 2018**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

**“APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE  
CATANIA (ITALIA) PARA DETERMINAR EL NIVEL DE  
SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS APLICADA A TRAMOS  
ESPECÍFICOS DE LA RED VIAL DEL DEPARTAMENTO DE  
TARIJA”**

**Por:**

**FREDDY JAVIER MORALES CASSAL**

**SEMESTRE I - 2018**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozávez

**DECANO  
FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

.....  
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA  
FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

.....  
M. Sc. Ing. Mario Luis Ticona Copa

.....  
Ing. Ricardo Morales Retamozo

.....  
Ing. Marcelo Sosa Castellanos

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

Que gracias a sus consejos y palabras de aliento me han ayudado a crecer como persona y a luchar por lo que quiero, por enseñarme los valores que me han llevado alcanzar una gran meta.

### **A mis hermanas**

Gracias por su apoyo, cariño y por estar en los momentos más importantes de mi vida este logro también es de ustedes

### **A mi asesor**

Por el tiempo dedicación y paciencia en la elaboración de este documento

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a Dios, ante todo a mis Padres hermanas por su amor, apoyo, consejos, comprensión y ayuda en los momentos difíciles.

## **PENSAMIENTO**

La clave de una vida feliz es alcanzar metas de las que te sientas orgulloso y tener siempre un propósito que cumplir.

*Jeff Lindsay*

## ÍNDICE

**Advertencia**

**Dedicatoria**

**Agradecimiento**

**Pensamiento**

**Resumen**

### **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. Situación Problemática.....	3
1.3.2. Problema.....	4
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE UNIVERSIDAD DE CATANIA.....	4
1.6. PARÁMETROS DE METODOLOGÍA .....	8
1.6.1. Datos de entrada .....	8
1.6.2. Parámetros a evaluar .....	8
1.7. OTRAS METODOLOGÍAS PARA EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL.....	8
1.7.1. Estudio Integral de la Seguridad Vial en Carreteras de dos Carriles.....	8
1.7.2. Metodología INSETRA (Índice de Seguridad de Transito).....	8
1.7.3. Metodología IRAP (International Road Assessment Programme) .....	9
1.8. DISEÑO METODOLÓGICO .....	9
1.8.1. Componentes.....	9
1.8.2. Métodos y técnicas empleadas .....	10
1.9. ALCANCE DEL TEMA .....	11

## **CAPÍTULO II: CRITERIOS DE APLICACIÓN DE METODOLOGÍA**

2.1	INTRODUCCIÓN .....	14
2.2	SELECCIÓN DE LOS TRAMOS DE ESTUDIO.....	15
2.2.1	Análisis de accidentalidad en la ruta de estudio .....	15
2.3	CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA .	21
2.3.1	Tránsito .....	21
2.3.2	Aforos y procesamiento de datos.....	21
2.3.3	Metodología de la Universidad de Catania.....	22
2.3.4	Factor de Exposición (FE) .....	23
2.3.5	Factor de Frecuencia de Accidentes (FFA) .....	23
2.3.5.1	Factor de Frecuencia de Accidentes por Inspección de Seguridad (FFAIS) .....	23
2.3.5.2	Factor de Frecuencia de Accidentes por Diseño Geométrico (FFADG) .....	32
2.3.6	Factor de Severidad de Accidentes (FSA).....	35
2.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD.....	37
2.5	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	37
2.6	METODOLOGÍAS SIMILARES PARA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD .....	39
2.6.1	Estudio Integral de la Seguridad Vial en Carreteras Rurales de Dos Carriles...39	
2.6.1.1	Propuesta de metodología.....	39
2.6.2	ÍNDICE DE SEGURIDAD DE TRÁNSITO (INSETRA).....	41
2.6.2.1	Determinación de indicador de riesgo vial .....	42
2.6.2.2	Ponderadores INSETRA dimensión de resultado.....	46
2.6.3	METODOLOGÍA IRAP (INTERNACIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME) .....	46
2.6.3.1	Clasificación por estrellas para vías más seguras .....	47
2.6.3.2	Inspección con el modelo IRAP .....	49
2.6.3.3	Procesamiento y reducción de datos.....	51
2.6.4	CUADRO COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS .....	52

### **CAPÍTULO III: APLICACIÓN PRÁCTICA**

3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS TRAMOS.....	58
3.2.	CARACTERISTICAS DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO .....	60
3.3.	PARÁMETROS DE ESTUDIO.....	62
3.4.	TRÁFICO ESTUDIADO EN LOS TRAMOS.....	63
3.5.	ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD POR METODOLOGÍA DE CATANIA.	65
3.6.	FACTOR DE EXPOSICIÓN (FE).....	65
3.7.	FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES (FFA).....	66
3.8.	FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR INSPECCIÓN DE SEGURIDAD (FFAIS).....	66
3.9.	FACTOR DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR DISEÑO GEOMÉTRICO (FFADG) .....	66
3.10.	FACTOR DE SEVERIDAD DE ACCIDENTES (FSA) .....	67
3.11.	CÁLCULOS METODOLOGÍA DE UNIVERSIDAD DE CATANIA.....	67
3.11.1.	Índice de Seguridad Tramo Padcaya - Orosas.....	67
3.11.1.1.	Factor de Exposición (FE).....	68
3.11.1.2.	Factor de Frecuencia de Accidentes (FFA) .....	68
3.11.1.3.	Factor de Severidad de Accidentes (FSA).....	72
3.11.2.	Índice de Seguridad Tramo Padcaya- Rosillas.....	73
3.11.2.1.	Factor de Exposición (FE).....	73
3.11.2.2.	Factor de Frecuencia de Accidentes (FFA) .....	74
3.11.2.3.	Factor de Severidad de Accidentes (FSA).....	78
3.11.3.	Índice de Seguridad Tramo Tarija- La Pintada .....	79
3.11.3.1.	Factor de Exposición (FE).....	79
3.11.3.2.	Factor de Frecuencia de Accidentes (FFA) .....	79
3.11.3.3.	Factor de Severidad de Accidentes (FSA).....	82
3.12.	RESULTADOS .....	84
3.13.	ANÁLISIS DE RUSULTADOS .....	87
3.14.	PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS Y SOLUCIONES DE LOS SEGMENTOS CONFLICTIVOS PARA MEJORAR EL ÍNDICE DE SEGURIDAD .....	91
3.14.1.	Medidas físicas puntuales.....	91
3.14.2.	Tramo Padcaya – Orosas .....	91

3.14.3.	Tramo Padcaya – Rosillas .....	97
3.14.4.	Tramo Tarija – La Pintada.....	99
3.14.5.	Planteamiento general de soluciones para los tres analizados.....	104
3.14.6.	Medidas de educación vial .....	106

#### **CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1.	CONCLUSIONES .....	107
4.2.	RECOMENDACIONES .....	108

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°2. 1 Resumen general de datos de accidente.....	19
Cuadro N°2. 2 Incremento en el riesgo de accidentes por el ítem de seguridad.....	25
Cuadro N°2. 3 Descripción de los elementos que conforman el cálculo del promedio ponderado de la evaluación del ítem de seguridad.....	28
Cuadro N°2. 4 Evaluación del ítem de seguridad j (elementos de seguridad Sik).....	29
Cuadro N° 2. 5 Ponderación del elemento según evaluación .....	33
Cuadro N° 2. 6 Lr mín. entre curvas de distinto sentido - condición c) .....	34
Cuadro N° 2. 7 Lr. Mín. entre curvas del mismo sentido .....	34
Cuadro N° 2. 8 V85% al final de una recta según longitud y velocidad de proyecto.....	35
Cuadro N° 2. 9 Factor de ponderación del elemento de seguridad.....	36
Cuadro N° 2. 10 Métodos de levantamiento del ítem de seguridad.....	38
Cuadro N°2. 11 Índice de estado para el diagnóstico de la seguridad vial .....	40
Cuadro N°2. 12 Formulario INSETRA ficha de preguntas componente vías .....	43
Cuadro N°2. 13 Ponderadores en estructura original INSETRA.....	46
Cuadro N° 3. 1 Tramo de estudio N°1 .....	60
Cuadro N° 3. 2 Tramo de estudio N° 2.....	61
Cuadro N° 3. 3 Tramo de estudio N° 3.....	62
Cuadro N° 3. 4 Aforo vehicular Tramo Padcaya - Orosas.....	64
Cuadro N° 3. 5 Aforo vehicular Tramo Padcaya - Rosillas.....	64
Cuadro N° 3. 6 Aforo vehicular Tramo Padcaya - Orosas.....	65
Cuadro N° 3. 7 Resumen de valores obtenidos para los ítems de seguridad WSj .....	68
Cuadro N° 3. 8 Valores de Pj y $\Delta FAj$ .....	69
Cuadro N° 3. 9 Valores obtenidos para los ítems de seguridad FFAJ .....	69
Cuadro N° 3. 10 Ponderación del elemento según evaluación GDSk .....	70
Cuadro N° 3. 11 Longitud de elementos.....	71

Cuadro N° 3. 12 Accidentes relacionados PDG .....	72
Cuadro N° 3. 13 Valores obtenidos para los ítems de seguridad WSj.....	74
Cuadro N° 3. 14 Valores para Pj y $\Delta$ Faj .....	74
Cuadro N° 3. 15 Valores obtenido para los ítems de seguridad FFAJ.....	75
Cuadro N° 3. 16 Ponderación del elemento según evaluación GDSk .....	75
Cuadro N° 3. 17 Longitud de elementos.....	77
Cuadro N° 3. 18 Accidentes relacionados PDG .....	77
Cuadro N° 3. 19 Valores obtenidos para los ítems de seguridad WSj.....	79
Cuadro N° 3. 20 Valores para Pj y $\Delta$ Faj .....	80
Cuadro N° 3. 21 Valores obtenido para los ítems de seguridad FFAJ.....	80
Cuadro N° 3. 22 Ponderación del elemento según evaluación GDSk .....	81
Cuadro N° 3. 23 Longitud de elementos.....	81
Cuadro N° 3. 24 Accidentes relacionados PDG .....	82
Cuadro N° 3. 25 Resultados Tramo Padcaya- Orosas.....	84
Cuadro N° 3. 26 Resultados Tramo Padcaya- Rosillas.....	85
Cuadro N° 3. 27 Resultados Tramo Tarija – La Pintada.....	86
Cuadro N° 3. 28 Resultados del índice de seguridad por tramo .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1 Factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente.....	16
Figura N° 2.2 Estructura conceptual del Índice de Seguridad de Tránsito (INSETRA) .	42
Figura N° 2.3 Proceso de la inspección vial, la calificación por estrellas y los planes de inversión para vías más seguras del IRAP. ....	47
Figura N° 2.4 Sistema de calificación por estrellas .....	48
Figura N° 2.5 Vehículo con equipamiento IRAP encargado del levantamiento.....	50
Figura N° 2.6 Interfaz de la inspección visual con Hawkeye Onlooker Live.....	51
Figura N° 2.7 Inspección de la vía en la cámara central.....	51

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 3. 1 Tramo Padcaya – Orosas .....	58
Imagen N° 3. 2 Tramo Padcaya – Rosillas .....	59
Imagen N° 3. 3 Tramo Tarija – La Pintada.....	59
Imagen N° 3. 4 Vista del Tramo Padcaya - Orosas .....	61
Imagen N° 3. 5 Vista del Tramo Padcaya - Rosillas.....	61
Imagen N° 3. 6 Vista del Tramo Tarija - La Pintada .....	62

## **ÍNDICE ANEXOS.**

ANEXO 1 Datos de accidentes de tránsito.

ANEXO 2 Aforos de tráfico.

ANEXO 3 Evaluaciones por ítem de seguridad.

ANEXO 4 GDSK: Ponderación del elemento según evaluación.

ANEXO 5 Evaluaciones para ítem de seguridad entorno

ANEXO 6 Desarrollo de cálculo y ecuaciones de la metodología de Catania (Italia)

ANEXO 7 Planos de riesgo por segmento.