

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN”



**“RELACIÓN ENTRE EL IFI Y LA DISTANCIA DE FRENADO DE
VEHÍCULO LIVIANO EN PAVIMENTO RÍGIDO”**

Por:

RICARDO VEGA LÓPEZ

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

Gestión 2021

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“DPTO. TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN”

**“RELACIÓN ENTRE EL IFI Y LA DISTANCIA DE FRENADO DE
VEHÍCULO LIVIANO EN PAVIMENTO RÍGIDO”**

Por:

RICARDO VEGA LÓPEZ

SEMESTRE/I

Gestión 2021

TARIJA-BOLIVIA

.....
Msc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez

**DECANO FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
Msc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
Ing. Trinidad Baldiviezo M.

.....
Ing. Oscar Marcelo Chávez C.

.....
Ing. José Ricardo Arce A.

DEDICATORIA:

A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos.

A mis amigos de estudio a quienes valoro mucho y agradezco su apoyo en esta travesía.

PENSAMIENTO:

Nuestra recompensa se encuentra en el
esfuerzo y no en el resultado.

Un esfuerzo total es una victoria completa.

Mahatma Gandhi

AGRADECIMIENTO:

En primer lugar quiero agradecer a mis padres Ricardo y Marina quien con sus conocimientos me guiaron a través de cada una de las etapas de la vida.

A mi novia y a Pety que pronto estaremos juntos, al Cumpalumpa y un buen amigo Ale por brindarme toda energía y apoyo que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1.ANTECEDENTES.....	1
1.2.SITUACIÓN PROBLÉMICA.	2
1.3.JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1.Objetivo General.	3
1.4.2.Objetivos Específicos.	3
1.5. HIPÓTESIS.	4
1.6.OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.	4
1.6.1.Variable independiente.	4
1.6.2.Variable dependiente.....	4
1.7.ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.	5

CAPÍTULO II
FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1.DEFINICIÓN.	7
2.2.PAVIMENTO RÍGIDO.	7
2.2.1.Materiales que lo componen.	8
2.2.2.Clasificación.	8
2.2.2.1.Pavimento rígido simple	8
2.2.2.2.Pavimento rígido simple con pasadores.....	9
2.2.2.3.Pavimento rígido con refuerzo de acero no estructural.....	9
2.2.2.4.Pavimento rígido con refuerzo de acero continuo.....	10

	Página
2.2.3.Propiedades.	11
2.2.4.Forma de distribución de cargas.	11
2.2.4.1.Cuadro comparativo.	12
2.2.5.Características.	12
2.2.6.Capas que lo componen.	13
2.2.6.1.Subrasante.	13
2.2.6.2.Subbase.....	13
2.2.6.3.Superficie de rodadura.	13
2.2.7.Juntas.....	13
2.2.8.Ciclo de vida de los pavimentos.....	14
2.2.9.Fallas y deterioros de los pavimentos rígidos.	15
2.2.9.1.Fallas funcionales.	16
2.2.9.2.Fallas estructurales.	16
2.2.9.3.Fallas principales fisuración longitudinal / transversal.	16
2.2.9.4.Roturas de esquina.	18
2.2.9.5.Levantamiento de losas.	18
2.2.9.6.Hundimiento.	19
2.2.9.7.Descascaramiento y fisuras capilares.....	20
2.2.9.8.Pulimiento de la superficie.	21
2.3.DISTANCIA DE FRENADO.	21
2.3.1.Factores que afectan a la adherencia del neumático al pavimento.	23
2.3.1.1.Textura superficial.	23
2.3.1.2.Micro textura.	24

	Página
2.3.1.3.Macro textura.....	25
2.3.1.4.Limitantes en la macro textura y la micro textura.	26
2.3.2.Pendiente longitudinal.	27
2.3.2.1.Levantamiento topográfico.	27
2.3.3.Resistencia al deslizamiento y fricción.	27
2.3.3.1.Coeficiente de fricción.	28
2.3.3.2.Tipos de Coeficiente de Fricción.	29
2.3.3.3.Componentes del coeficiente de fricción.	30
2.3.4.Presencia de agua en el pavimento.	31
2.3.4.1.El efecto de hidroplaneo.	32
2.3.5.Velocidad del vehículo.....	32
2.3.5.1.Límites de velocidad en zonas urbanas.	33
2.3.5.2.Velocidad de recorrido.	34
2.3.5.3.Velocidad y siniestros excediendo los 70 km/hr.	35
2.3.5.4.Accidentes por exceso de velocidad.	36
2.3.6.Clasificación de la vía.	37
2.3.7.Tipo de Vehículo.	37
2.3.8.Neumáticos.	39
2.3.9.Presión de inflado.	40
2.3.9.1.Adherencia del neumático.	41
2.3.9.2.Tipo de neumático.	42
2.3.9.3.Triangle.....	43
2.4.ENSAYO PARA EVALUAR LA MICRO Y MACRO TEXTURA.	44

	Página
2.5.DEFINICIÓN DEL (IFI) ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL.	46
2.6.DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO F60.	47
2.6.1.Implementación del IFI.	48
2.6.2.Medición de la macro textura método mancha de arena.	49
2.6.2.1.Descripción de la prueba dela mancha de arena.	49
2.6.3.Medición del micro textura por medio de la prueba del péndulo Británico.	54
2.6.3.1.Péndulo Británico (TRRL) (ASTM E 303 AASHTO T278-90).	54

CAPÍTULO III

CÁLCULO DE LA RELACIÓN ENTRE EL IFI Y LA DISTANCIA DE FRENADO DE VEHÍCULO LIVIANO EN PAVIMENTO RÍGIDO

3.1.IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS EN INVESTIGACIÓN.	60
3.2.CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS EN INVESTIGACIÓN.	60
3.3.DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE INVESTIGACIÓN.	61
3.3.1.Av. Circunvalación entre Av. Romero y Av. Monseñor Font.	62
3.3.2.Av. Circunvalación entre Av. RN1 y Av. Jorge Majluf.	63
3.3.3.Av. Jaime Paz Zamora entre c/ España y Av. La Paz.....	64
3.3.4.Calle Padilla entre C/ Alejandro del Carpio y Av. Néstor Paz Estensoro.	65
3.3.5.Calle nueva terminal de buses entre Av. RN1.	66
3.4.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	67
3.4.1.Selección de elementos.	67
3.4.2.Muestra.	69
3.4.3.Explicación de la metodología.	69

	Página
3.4.3.1.Procedimiento de la distancia de frenado real.	69
3.4.3.2.Procedimiento de la distancia de frenado teórica.....	70
3.5.(IFI) ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL.	70
3.6.LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.	73
3.7.CONDICIONES AMBIENTALES.	73
3.8.VELOCIDAD DE RECORRIDO.	73
3.9.DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA DE FRENADO TEÓRICA.....	74
3.10.DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA DE FRENADO REAL.	76
3.10.1.Distance de frenado en pavimento rígido seco con neumáticos nuevos.	76
3.10.2.Distance de frenado en pavimento rígido húmedo con neumáticos nuevos.	78
3.10.3.Distance de frenado en pavimento rígido P.H. con neumáticos nuevos.	79
3.10.4.Distance de frenado en pavimento rígido seco con neumáticos lisos.	81
3.10.5.Distance de frenado en pavimento rígido húmedo con neumáticos lisos.	82
3.10.6.Distance de frenado en pavimento rígido P.H. con neumáticos lisos.	84

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.ANÁLISIS DE LOS DATOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	86
4.1.1.Análisis de las distancias de frenado teórica y real.	86
4.1.2.Comparación de frenado en diferentes superficies con neumáticos nuevos.	110
4.1.3.Comparación de frenado en diferentes superficies con neumáticos lisos.	112
4.2.DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	113
4.2.1.Distance de frenado teórica con el (IFI) y pendientes de cada tramo.	113
4.2.2.Índice de Fricción Internacional.	114

	Página
4.2.3.Pendiente longitudinal.	114
4.2.4.Velocidad de recorrido.	114
4.2.5.Distancia de frenado Real o experimental.	115

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES.	117
5.2.RECOMENDACIONES.	118

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1. Planillas de cálculo del (IFI).

ANEXO 2. Planillas de cálculo de la mancha de arena.

ANEXO 3.Cálculo de la distancia de frenado teórica formula de la (ABC).

ANEXO 4.Cálculo de velocidad de recorrido.

ANEXO 5. Planillas de cálculo de la pendiente.

ANEXO 6. Datos de campo de la distancia de frenado real.

ANEXO 7. Memoria fotográfica.

PLANOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Clasificación de la textura superficial según (AIPCR).	24
Tabla 2. Clasificación de vehículos según (A.B.C.).....	37
Tabla 3. Características del vehículo Toyota corolla 1998.....	39
Tabla 4. Presión de inflado de neumáticos.	41
Tabla 5. Valores de a y b para la estimación de la constante de velocidad.....	47
Tabla 6. Clasificación de la textura del pavimento.....	47
Tabla 7. Clasificación de la seguridad vial.	53
Tabla 8. Criterio para evaluar los valores de fricción en la superficie de pavimento.....	59
Tabla 9. Longitud de tramos en estudio.....	62
Tabla 10. Índice de Fricción Internacional (IFI) a diferentes velocidades.	71
Tabla 11. Clasificación de la textura de los tramos macro textura y micro textura.	72
Tabla 12. Pendiente longitudinal.	73
Tabla 13. Velocidades de recorrido calculado por método de patentes.	74
Tabla 14. Distancia de frenado teórico con Ec.manual de diseño geométrico (ABC)....	75
Tabla 15. Distancia de frenado real sobre una superficie seca, neumáticos nuevos.	76
Tabla 16. Distancia de frenado real sobre una superficie húmeda, neumáticos nuevos.	78
Tabla 17. Distancia de frenado real sobre una superficie P.H. neumáticos nuevos.....	79
Tabla 18. Distancia de frenado real sobre una superficie seca, neumáticos lisos.....	81
Tabla 19. Distancia de frenado real sobre una superficie húmeda con neumáticos lisos	82
Tabla 20. Distancia de frenado real sobre una superficie P.H. con neumáticos lisos.....	84
Tabla 21. Distancia de frenado teórica-real neumáticos nuevos, superficie seca.....	86
Tabla 22. Distancia de frenado teórica-real neumáticos nuevos, superficie seca.	88

Tabla 23. Distancia de frenado teórica- real neumáticos nuevos, superficie seca.	90
Tabla 24. Distancia de frenado teórica -real neumáticos nuevos, superficie húmeda.	92
Tabla 25. Distancia de frenado teórica-real neumáticos nuevos, superficie húmeda.	94
Tabla 26. Distancia de frenado teórica-real neumáticos nuevos, superficie húmeda.	96
Tabla 27. Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos, superficie seca.	98
Tabla 28. Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos, superficie seca.	100
Tabla 29 Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos, superficie seca.	102
Tabla 30. Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos, superficie húmeda.	104
Tabla 31. Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos, superficie húmeda.	106
Tabla 32. Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos, superficie húmeda.	108
Tabla 33. Comparación de la distancia de frenado en superficies distintas.	110
Tabla 34. Comparación de la distancia de frenado en superficies distintas.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estructura de pavimento rígido.	7
Figura 2. Pavimento de concreto Simple.	8
Figura 3. Pavimento rígido con pasadores.....	9
Figura 5. Pavimento rígido con refuerzo de acero continuo.	10
Figura 6. Distribución de cargas en pavimento rígido y flexible.	11
Figura 7. Cuadro comparativo entre pavimento flexible y rígido.	12
Figura 8. Ciclo de vida de los pavimentos.	14
Figura 9. Esquema del ciclo de vida del pavimento de concreto vs asfalto.	15
Figura 10. Componentes del pavimento rígido.	16
Figura 11. Fisura longitudinal / transversal.	17
Figura 12. Influencia de la rigidez de apoyo en las tensiones generadas.	17
Figura 13. Roturas de esquina en pavimento rígido.	18
Figura 14. Levantamiento de losas en pavimento rígido.	18
Figura 15. Hundimiento.	19
Figura 16. Descascaramiento y fisuras capilares.	20
Figura 17. Pulimiento de la superficie.	21
Figura 18. Clasificación de la textura superficial de los pavimentos.....	24
Figura 19. Definición de macro textura y micro textura.	25
Figura 20. Clases de textura.....	26
Figura 21. Coeficiente de fricción transversal.	29
Figura 22. Coeficiente de fricción longitudinal.	30
Figura 23. Componentes de la fricción adhesión e histéresis.	30

Figura 24.Zonas de contacto neumático pavimento en condiciones de piso mojado.	31
Figura 25.Efecto de hidropneumático.	32
Figura 26. Leyes sobre la velocidad en las zonas urbanas de las Américas, (2013).	33
Figura 27.Campo de visión del conductor a diferentes velocidades.....	36
Figura 28.Vehículo Toyota sedan serie 110 octava generación 1998.	38
Figura 29.Composición del Neumático.	40
Figura 30: Referencia de presión de inflado óptimo de los neumáticos en el vehículo. ..	40
Figura 31.Inscripciones y características de los tipos de neumáticos.	43
Figura 32.Neumático Triangle 195/55R15.	44
Figura 33.Trancado de calles sobre la Av. Circunvalación tramo en estudio.	45
Figura 34.Modelo del Índice de Fricción Internacional, según documento (PIARC)....	48
Figura 35.Mancha de Arena.	49
Figura 36.Ensayo mancha de arena.	50
Figura 37.Mancha de arena del tramo en estudio.	52
Figura38.Detalle del Péndulo Británico.	55
Figura 39.Factor de corrección por temperatura.	58
Figura 40.Plano de la ciudad de Tarija ubicación de las zonas de estudio.	61
Figura 41.Av. Circunvalación dirección Nor-Este carril derecho.	63
Figura 42. Av. Circunvalación dirección Sur-Oeste carril izquierdo.	64
Figura 43. Av. Jaime Paz Zamora dirección Sur-Oeste carril derecho.	65
Figura 44.Calle Padilla dirección Norte y Sur doble vía.	66
Figura 45. Calle nueva terminal de buses entre Av. RN1 dirección Nor-Oeste.	67

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1.Índice de Fricción Internacional (IFI).	71
Gráfica 2.Distance de frenado teórico.	75
Gráfica 3.Distance de frenado real en superficie seca, neumáticos nuevos.....	77
Gráfica 4.Distance de frenado real sobre una superficie húmeda neumáticos nuevos... 78	
Gráfica 5.Distance de frenado real sobre una superficie P.H. neumáticos nuevos.....	80
Gráfica 6.Distance de frenado real sobre una superficie seca, neumáticos lisos.....	81
Gráfica 7.Distance de frenado real sobre una superficie húmeda, neumáticos lisos.....	83
Gráfica 8.Distance de frenado real sobre una superficie P.H. neumáticos lisos.....	84
Gráfica 9. Distancias de frenado teórica - real neumáticos nuevos, superficie seca.	87
Gráfica 10.Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 50 km/h.....	87
Gráfica 11.Distance de frenado teórica - real neumáticos nuevos, superficie seca.	89
Gráfica 12.Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 60 km/h.....	89
Gráfica 13. Distancia de frenado teórica- real neumáticos nuevos, superficie seca.	91
Gráfica 14.Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 60 km/h.....	91
Gráfica 15. Distancia de frenado teórica-real neumáticos nuevos, superficie húmeda. ..	93
Gráfica 16.Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 50 km/h.....	93
Gráfica 17. Distancias de teórica-real neumáticos nuevos, superficie húmeda.	95
Gráfica 18.Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 60 km/h.....	95
Gráfica 19. Distancia de frenado teórica-real neumáticos nuevos, superficie húmeda... 97	
Gráfica 20.Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 70 km/h.....	97
Gráfica 21.Distance de frenado teórica-real neumáticos lisos superficie seca.	99
Gráfica 22.Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 50 km/h.....	99

Gráfica 23. Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos superficie seca.	101
Gráfica 24. Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 60 km/h.....	101
Gráfica 25. Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos, superficie seca.	103
Gráfica 26. Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 70 km/h.....	103
Gráfica 27. Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos, superficie húmeda.	105
Gráfica 28. Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 50 km/h.....	105
Gráfica 29. Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos, superficie húmeda.	107
Gráfica 30. Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 60 km/h.....	107
Gráfica 31. Distancia de frenado teórica-real neumáticos lisos, superficie húmeda.	109
Gráfica 32. Porcentajes de las distancias de frenado teórico y real a 60 km/h.....	109
Gráfica 33. Distancia de frenado real sobre una superficie distinta neumáticos nuevos	111
Gráfica 34. Distancia de frenado real sobre una superficie distinta neumáticos lisos....	112