



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“MODELO GEOGRÁFICO-ESTRATÉGICO DE SEGURIDAD VIAL EN ÁREAS
URBANAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
DOCTOR EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTOR:

SAMANIEGO BARJA, WALTER ANÍBAL

ASESOR:

DR. ZUÑIGA POLO, LEONIDAS HERIBERTO

JURADO:

DR. KASENG SOLIS, FREDDY LIZARDO

DR. CONTRERAS ARANDA, SANTIAGO ESTEBAN

DRA. TAFUR ANZUALDO, VICENTA IRENE

LIMA – PERÚ

2019

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE.....	IV
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
I. Planteamiento del problema	1
1.1. Descripción del problema	1
1.1.1. A nivel internacional.....	1
1.1.2. A nivel nacional.....	4
1.1.3. A nivel regional	5
1.2. Formulación del problema	7
- Problema general.....	7
- Problemas específicos.....	7
1.3. Justificación e importancia	8
1.3.1. Justificación.....	8
1.3.2. Importancia.....	9
1.4. Limitaciones de la investigación.....	11
1.5. Objetivos.....	12
1.5.1. Objetivo general.....	12
1.5.2. Objetivos específicos	12
II. Marco teórico.....	13
2.1. Antecedentes	13
- Antecedentes internacionales	13
- Antecedentes nacionales	29
2.2. Marco teórico	35
2.2.1. Sistema de transporte urbano.....	35

2.2.2.	Sistema de transporte urbano de pasajeros.....	36
2.2.3.	Sistema de gestión del transporte público	38
2.2.4.	Seguridad vial	40
2.2.4.1.	Características de los accidentes de tránsito	43
2.2.4.2.	Análisis geográfico de la seguridad vial	43
2.2.5.	Seguridad vial en el país.....	47
2.2.6.	Sistema de tránsito y seguridad vial en el país	49
2.2.7.	Modelos de seguridad vial.....	53
2.2.8.	Fases de elaboración modelo de seguridad vial geográfico-estratégico	59
2.2.9.	Planificación de la seguridad vial	62
2.2.10.	Análisis holístico multifactorial de seguridad vial.....	65
2.2.11.	Análisis estadístico espacial multivariado.....	68
2.2.11.1.	Ordinary least squares (OLS).....	69
2.2.11.2.	Ordinary least squares spatially autocorrelated extensions (OLS-SAE)	70
2.2.11.3.	Geographically weighted regression (GWR)	73
2.2.11.4.	Semi-parametric geographically weighted poisson regression (S-GWPR)	75
2.2.12.	Planificación del transporte y su implicancia en la seguridad vial	77
2.2.12.1.	Objetivos de la planificación del transporte.....	78
2.2.12.2.	Niveles de planificación del transporte.....	79
2.2.13.	Modelos de planificación de transporte	80
2.2.13.1.	Modelos de generación de demanda de transporte.....	83
2.2.13.2.	Modelos de distribución de demanda de transporte	85
2.2.13.3.	Modelos de partición modal de demanda de transporte	88
2.2.13.4.	Modelos de asignación de demanda a la red vial	91
2.3.	Marco filosófico	92
2.3.1.	Filosofía en ingeniería.....	92
2.3.2.	Modelo epistemológico en ingeniería	93
2.3.3.	Filosofía del modelamiento en ingeniería	94
2.4.	Marco tecnológico.....	96

2.4.1.	Sistemas de transporte.....	96
2.4.2.	Externalidades del sistema de transporte.....	97
2.5.	Marco legal	99
2.5.1.	Ley general de transporte y tránsito terrestre	99
2.5.2.	Marco institucional	99
2.5.3.	Marco normativo.....	100
2.5.4.	Manuales de gestión de la infraestructura vial	104
2.6.	Aspectos de responsabilidad social y medio ambiental.....	106
III.	Método	109
3.1.	Tipo de investigación.....	109
3.2.	Población y muestra	110
3.3.	Hipótesis	111
3.3.1.	Hipótesis general.....	111
3.3.2.	Hipótesis secundarias	111
3.4.	Operacionalización de variables.....	112
3.5.	Instrumentos.....	116
3.6.	Procedimientos.....	118
3.7.	Análisis de datos.....	119
IV.	Resultados	124
4.1.	Contrastación de hipótesis	124
4.2.	Análisis e interpretación	134
4.2.1.	Análisis del modelo geográfico-estratégico de seguridad vial	134
4.2.1.1.	Especificación.....	134
4.2.1.2.	Estimación.....	135
4.2.1.2.1.	Modelo OLS	136
4.2.1.2.2.	Modelo SLM	136
4.2.1.2.3.	Modelo SEM	137

4.2.1.2.4. Modelo GWR	138
4.2.1.3. Evaluación.....	139
4.2.1.4. Prueba.....	140
4.2.2. Interpretación del modelo geográfico-estratégico de seguridad vial	142
4.2.2.1. Factores determinantes.....	142
4.2.2.2. Modelo óptimo	144
V. Discusión de resultados.....	145
5.1. Discusión	145
5.2. Conclusiones	148
5.3. Recomendaciones	150
VI. Referencias	151
VII. Anexos	160
Anexo N° 01: Matriz de consistencia.....	160
Anexo N° 02: Definición de términos.....	161

Índice de tablas

Tabla 1: Tasa de mortalidad en las Américas WHO	3
Tabla 2: Frecuencia de accidentes de tránsito.....	5
Tabla 3: Operacionalización de variables	112
Tabla 4: Instrumentos de medición	116
Tabla 5: Estadísticos descriptivos de variables analíticas	123
Tabla 6: Resultados modelo de seguridad vial OLS no espacial	125
Tabla 7: Resultados estrategia de selección del modelo espacial (OLS-SAE).....	126
Tabla 8: Resultados modelos OLS (Ordinary Least Squares), SLM (Spatial Lag Model), SEM (Spatial Error Model).....	127
Tabla 9: Resultados modelo GWR	128
Tabla 10: Comparación de resultados y antecedentes de estudios explicativos	145

Índice de gráficos

Gráfico 1: Tasa de mortalidad por accidentes de tránsito por cada 100000 habitantes según región WHO.....	2
Gráfico 2: Frecuencia de accidentes de tránsito.....	4
Gráfico 3: Distribución porcentual de accidentes de tránsito en 25 regiones.....	6
Gráfico 4: Geocodificación de 104 zonas de análisis geográfico (ZAG).....	120
Gráfico 5: Geocodificación de accidentes de tránsito en 104 zonas de análisis geográfico (ZAG)	122
Gráfico 6: Nivel de eficiencia modelo GWR.....	130
Gráfico 7: Coeficientes estimados atracción de viajes modelo GWR.....	132
Gráfico 8: Coeficientes estimados PNM, LOCAL_1_P, LOCAL_P_3, VE_METRO_P modelo GWR	133

RESUMEN

El sistema de transporte en una metrópoli tiene externalidades negativas producto de la movilidad de personas y mercancías, principalmente la accidentalidad vial, por las pérdidas humanas y económicas. El modelamiento de la seguridad vial a nivel estratégico y con alcance geográfico tiene como finalidad desarrollar las estrategias de planificación en el sistema de transporte en un ámbito espacial y temporal. El objetivo de la investigación fue evidenciar las causas de la seguridad vial a través de un modelo multivariado con un enfoque estratégico y geográfico en áreas urbanas. El modelo de regresión no espacial OLS y los modelos espaciales SEM, SLM y GWR fueron aplicados al contexto de Lima Metropolitana y el Callao en 104 zonas de análisis geográfico (ZAG). Los resultados fueron la significancia estadística para el Factor Humano y Factor Infraestructura Vial. La eficiencia del modelo espacial es superior al modelo no espacial y su magnitud varía sobre el espacio. La modelación de la seguridad vial conlleva a 3 propósitos principales: mejorar las estrategias de planificación del sistema de transporte y la seguridad vial, aplicar medidas de solución en zonas de mayor riesgo de accidentalidad (usuarios vulnerables) y optimizar las inversiones públicas en infraestructura vial.

Palabras clave:

Seguridad Vial, Modelación de la Seguridad Vial, Planificación de Transporte, Planificación de la Seguridad Vial, Análisis Espacial, Modelo Geográfico-Estratégico