

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCION

MAESTRÍA EN INGENIERIA VIAL



**Evaluación del deterioro de los puentes de la ruta nacional 39 en función del Tránsito
Promedio Diario**

Proyecto Final de Graduación para optar por el título de Máster en Ingeniería Vial grado
académico de Maestría

Realizado por:

Juan Carlos Zúñiga Blanco

Cartago, diciembre de 2018

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en lo que soy en toda mi educación, tanto académica como de la vida; y por su incondicional apoyo a lo largo del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1 Antecedentes	10
1.2 Planteamiento del problema	11
1.3 Justificación del Estudio.....	11
1.4 Objetivos	12
1.4.1 Objetivo general	12
1.4.2 Objetivos específicos.....	12
1.5 Alcance y limitaciones	13
1.5.1 Alcances	13
1.5.2 Limitaciones	13
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Aspectos generales de los puentes.....	15
2.1.1 Componentes de un puente.....	15
2.1.2 Tipos de superestructura.....	17
2.2 Tránsito y su caracterización	19
2.2.1 Conceptos de tráfico vehicular	19
2.2.2 Patrones de variabilidad del tránsito.....	22
2.2.3 Crecimiento anual.....	24
2.2.4 Capacidad de la Vía.....	25
2.2.5 Descripción de la metodología para la estimación del volumen de saturación de un tramo de carretera.....	28
2.3 Inspección de la condición estructural de un puente	33
2.4 Regresión lineal.....	34
2.4.1 Estimación de los parámetros en la regresión lineal múltiple	36
2.4.2 Estimación de la varianza σ^2	39
2.4.3 Prueba de hipótesis en la regresión lineal múltiple	39
2.4.4 Coeficiente de determinación múltiple.....	42
2.4.5 Definiciones utilizadas en las tablas de análisis del programa Minitab	43
CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO	47
3.1 Tipo de investigación	47
3.2 Fuentes y sujetos de información	47
3.3 Técnicas e instrumentos de investigación	48
3.4 Procesamiento y análisis de datos	48
3.4.1 Información del tránsito que pasa por la ruta 39:	48
3.4.2 Información obtenida de los inventarios:	49

3.4.3	Correlación y análisis de los datos.	49
3.5	Resumen de la metodología utilizada.....	49
CAPÍTULO 4. RESULTADOS		51
4.1	Inventarios de la condición de los puentes	51
4.1.1	Descripción de los puentes parte del estudio.....	51
4.1.2	Inspección de los puentes	52
4.2	Caracterización del tránsito en la ruta 39	59
4.2.1	Caracterización del flujo vehicular horario	59
4.2.2	Caracterización del flujo vehicular diario	65
4.2.3	Crecimiento del volumen de tránsito en la Ruta 39.....	70
4.3	Asignación de datos de tránsito a un puente	77
4.4	Correlación del tránsito promedio con la condición estructural.....	79
4.4.1	Tablas	80
4.4.2	Resultados de la correlación.....	81
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		83
5.1	Conclusiones	83
5.2	Recomendaciones.....	85
CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA		87
CAPÍTULO 7. APÉNDICE		89
7.1	Ubicación de las estaciones de radar y de conteo de tránsito.....	89
7.2	Inventario de daños en los puentes de la ruta 39.....	92
7.3	Detalle de procedimientos realizados.....	133
CAPÍTULO 8. ANEXO		8-1
8.1	Información de tránsito histórica.....	8-1

INDICE CUADROS

<i>Tabla 1: Velocidad flujo libre y su respectiva capacidad.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2: Ajuste de la velocidad de flujo libre de acuerdo al ancho de carril.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 3: Ajuste de la velocidad de flujo libre de acuerdo al espaciamiento lateral.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 4: Ajuste de la velocidad de flujo libre de acuerdo al tipo de mediana.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 5: Ajuste de la velocidad de flujo libre de acuerdo a la densidad de accesos.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 6: Valores de equivalente de pasajeros de acuerdo al tipo de terreno.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 7: Definiciones utilizadas en el cuadro de Análisis de Varianza.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 8: Definiciones utilizadas en el cuadro de Resumen del modelo.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 9: Definiciones utilizadas en el cuadro de Coeficientes.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 10: Características de los puentes de la ruta de circunvalación.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 11: Características estructurales de los puentes de la ruta de circunvalación.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 12: Comparación de las condiciones del pavimento de los puentes ruta 39.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 13: Comparación de las condiciones de la baranda de acero de los puentes de la ruta 39.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 14: Comparación de la condición de la baranda de concreto en los puentes de la ruta 39.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 15: Comparación de la condición de la junta de expansión.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 16: Comparación de la condición de la losa.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 17: Comparación de la condición de la viga principal de concreto en los puentes de la Ruta 39.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 18: Comparación de la condición de la viga diafragma de los puentes de la Ruta 39.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 19: Comparación de la condición de los apoyos en los puentes de la Ruta 39.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 20: Comparación de la condición de la viga cabezal de los puentes de la Ruta 39.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 21: Daños estructurales más relevantes detectados en los puentes.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 22: Capacidades de saturación de tramos de la Ruta 39 donde están los contadores de radar.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 23: Capacidades de saturación de las secciones de la Ruta 39 donde están las estaciones de conteo históricas del MOPT.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 24: Estaciones de radar y estaciones históricas del MOPT.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 25: Estaciones de conteo asociadas a un puente de la ruta en estudio.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 26: Estimados de tránsito promedio diario y porcentaje de pesados de los puentes sobre la Ruta 39.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 27: Nomenclatura y significado de las variables utilizadas en el análisis.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 28: Matriz con las variables de entrada.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 29: Matriz elaborada con las variables de entrada.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 30: Resultados del análisis de varianza.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 31: Resumen del modelo.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 32: Coeficientes obtenidos del análisis de correlación.....</i>	<i>82</i>

INDICE FIGURAS

<i>Figura 1: Árbol de problemas del deterioro de los puentes.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2: Elementos principales de un puente. Fuente: Manual de Puentes MOPT 2007.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3: Superestructura de viga simple. Fuente: Manual de Puentes MOPT, 2007.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4: Superestructura de vigas continuas. Fuente: Manual de Puentes MOPT, 2007</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5: Viga tipo losa. Fuente: Manual de Puentes MOPT, 2007</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6: Viga tipo I. Fuente: Manual de Puentes MOPT, 2007</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7: Viga tipo T. Fuente: : Manual de Puentes MOPT, 2007</i>	<i>18</i>
<i>Figura 8: Viga tipo cajón. Fuente: : Manual de Puentes MOPT, 2007.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 9: Estación de radar del MOPT monitoreando la Ruta 39. Fuente: Propia.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 10: Distribución del volumen, según el tipo de vehículo, a lo largo del día. Fuente: FHWA, 2016.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 11: Distribución del volumen según el tipo de vehículo, a lo largo de la semana. Fuente: FHWA, 2016.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 12: Distribución del volumen vehicular a lo largo de un año. Fuente: FHWA, 2016.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 13: Curva de crecimiento logístico. La curva empieza a crecer a partir de una asíntota inferior mediante un crecimiento exponencial. Posteriormente el volumen crece en forma lineal, y cuando la curva se va acercando a la asíntota superior, la tasa de crecimiento va decayendo hasta acercarse a cero. La asíntota superior representa la capacidad máxima que tiene la vía para albergar una cantidad determinada de vehículos, a eso se le denomina Capacidad de Saturación. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 14: Gráfica Flujo- Velocidad para carreteras multicarril. Fuente: HCM-2010.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15: Resumen de los métodos utilizados en las etapas del proyecto. Fuente: elaboración propia</i>	<i>50</i>
<i>Figura 16: Distribución del flujo promedio horario vehicular a lo largo del día para la estación de La Uruca, durante los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: del autor.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 17: Distribución del flujo promedio horario vehicular a lo largo del día para la estación de Colonia Kennedy, durante los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: del autor</i>	<i>61</i>
<i>Figura 18: Distribución del flujo promedio horario vehicular a lo largo del día para la estación de Parque de La Paz, durante los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: del autor</i>	<i>62</i>
<i>Figura 19: Distribución del flujo promedio horario vehicular a lo largo del día para la estación de Las Luisas, durante los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: del autor.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 20: Distribución del flujo promedio horario vehicular a lo largo del día para la estación de San Pedro, durante los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: del autor</i>	<i>64</i>
<i>Figura 21: Distribución de acuerdo al día de la semana del tráfico para las cinco estaciones de radar durante el año 2015. Fuente: del autor.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 22: Distribución de acuerdo al día de la semana del tráfico para las cinco estaciones de radar durante el año 2016. Fuente: del autor.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 23: Distribución de acuerdo al día de la semana del tráfico para las cinco estaciones de radar durante el año 2017. Fuente: del autor.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 24: Distribución de acuerdo al día de la semana del tránsito de camiones para las cinco estaciones de radar durante el año 2015. Fuente: del autor</i>	<i>67</i>
<i>Figura 25 : Distribución de acuerdo al día de la semana del tránsito de camiones para las cinco estaciones de radar durante el año 2016. Fuente: del autor</i>	<i>67</i>
<i>Figura 26: Distribución de acuerdo al día de la semana del tránsito de camiones para las cinco estaciones de radar durante el año 2017</i>	<i>68</i>
<i>Figura 27: Distribución porcentual de la clasificación vehicular en la estación de La Uruca</i>	<i>68</i>
<i>Figura 28: Distribución porcentual de la clasificación vehicular en la estación de Colonia Kennedy</i>	<i>69</i>

<i>Figura 29: Distribución porcentual de la clasificación vehicular en la estación de Parque de La Paz</i>	69
<i>Figura 30: Distribución porcentual de la clasificación vehicular en la estación de Las Luisas</i>	69
<i>Figura 31: Distribución porcentual de la clasificación vehicular en la estación de San Pedro</i>	70
<i>Figura 32: Curva de crecimiento de la estación de radar ubicada en San Sebastián. Fuente: creación propia</i>	72
<i>Figura 33: Curva de crecimiento de la estación de radar ubicada en Parque de La Paz. Fuente: creación propia</i>	72
<i>Figura 34: Curva de crecimiento de la estación de radar ubicada en Las Luisas. Fuente: creación propia</i>	73
<i>Figura 35: Curva de crecimiento de la estación de radar ubicada en San Pedro. Fuente: creación propia</i>	73
<i>Figura 36: Curva logística de crecimiento de la estación 109, ubicada 200 m después del cruce con el Boulevard Rohrmoser (sentido Uruca- San José). Fuente: creación propia</i>	74
<i>Figura 37: Curva logística de crecimiento de la estación 218, ubicada sobre el Puente Río María Aguilar. Fuente: creación propia</i>	75
<i>Figura 38: Curva logística de crecimiento de la estación 145, ubicada frente a Centro Comercial de Hatillo 2. Fuente: creación propia</i>	75
<i>Figura 39: Curva logística de crecimiento de la estación 213, ubicada frente a la Plaza de Hatillo 3. Fuente: creación propia</i>	76
<i>Figura 40: Curva logística de crecimiento de la estación 133, ubicada 200 m antes del cruce con Ruta 204 (sentido hacia San Pedro). Fuente: creación propia</i>	76
<i>Figura 41: Mapa de la carretera de circunvalación con la ubicación de los puntos de conteo. Fuente: creación propia</i>	89
<i>Figura 42: Mapa con la localización de estación de radar y punto de conteo en sector Noreste de circunvalación. Fuente: creación propia</i>	90
<i>Figura 43: Mapa con localización de estaciones de radar y puntos de conteo en sector Este de la ruta 39. Fuente: creación propia</i>	90
<i>Figura 44: Mapa con la ubicación de los puntos de conteo en el sector oeste de Ruta 39. Fuente: creación propia</i>	91
<i>Figura 45: Mapa con la ubicación de estaciones de radar y puntos de conteo en el sector sur de Ruta 39. Fuente: creación propia</i>	91

RESUMEN

La falta de previsión y planificación de las autoridades encargadas de los puentes, han llevado a que la condición de estos empeore año a año por la falta de mantenimiento. Al disponer el MOPT de información de radares que monitorean el tránsito en la carretera de circunvalación y de inventarios de puentes realizados por el programa e-Bridge del TEC, se pretende relacionar el tránsito promedio diario con la condición de la estructura de los puentes de la Ruta 39, mediante el uso de métodos de regresión lineal. Esto con el fin de prever cuándo se podrían dar algunos daños y programar su atención.

Los principales problemas detectados en la inspección de los puentes fueron problemas en las juntas de expansión, grietas en la losa y eflorescencia en algunos elementos. El tránsito de la ruta de circunvalación, con un porcentaje de pesados entre el 5 y 15%, presenta en general características de tránsito urbano de una ruta primaria, con picos de tránsito en las mañanas y tardes.

Entre los resultados obtenidos no se logra establecer claramente una correlación entre el TPD y la condición estructural de los puentes. La información de daños requiere más información histórica, aunque los datos a mano dan una noción de lo que está sucediendo, pues en las variables recolectadas se puede apreciar que algunos daños se van agudizando con el pasar del tiempo. Lo mismo se podría decir de los valores de Tránsito Promedio Diario, al carecer de registros completos a lo largo de los años se trató mediante curvas de crecimiento estimar algunos volúmenes, lo cual no siempre resultó ante la dispersión que mostraban en la gráfica. Aun así, mediante la metodología empleada se puede pronosticar el crecimiento aproximado del tránsito. Se recomienda continuar la recolección de datos y formar una base de datos entre las instituciones, integrar otras tecnologías para medir otras variables como por ejemplo las deformaciones y con eso diseñar un modelo para obtener una correlación.

Palabras claves: *Tránsito promedio diario, puentes, inventario daños, regresión lineal, crecimiento tráfico*

ABSTRACT

Due to poor foresight and planning of the authorities in charge of bridge maintenance, its condition has worsened through the years. Since MOPT has information from radars that monitor the traffic on route 39 and there is also available data from bridge inventories made by the eBridge program; it is intended to prove a correlation between the average daily traffic and route 39 bridges condition of the structure, through the use of linear regression methods. This is done in order to predict when bridge damage could occur and therefore schedule its intervention. The main issues detected in the inspection of the bridges were problems in expansion joints, slab cracks and efflorescence in some elements. The traffic in Route 39, with a percentage of heavy vehicles between 5 and 15%, represents general characteristics of urban traffic from a primary route, with peaks of traffic in the mornings and afternoons. Among the results obtained, it is not possible to clearly establish a correlation between the average daily traffic and the structural condition of the bridges. The assessment of damages requires more historical information, although the data analyzed can give a notion of what is happening. From collected variables it is evident that some damage becomes more acute with time. The same could be concluded from the values of Average Daily Traffic. Due to the lack of data records over the years another method was tried using growth curves to estimate some volumes, which did not always result in valuable data due to data dispersion showed in the graph. With the methodology used, an approximate traffic growth can be predicted through the graphs. It is highly recommended to continue collecting data and form a database among the government institutions, as well as integrate other technologies to measure other variables such as deformations and with that data design a model to obtain a better correlation.

Keywords: Average daily traffic, bridges, damage inventory, linear regression, traffic growth

INTRODUCCIÓN

Nuestro país enfrenta una problemática grande como es la falta de técnicas y herramientas que ayuden a los planificadores en la preservación de la infraestructura vial. Optimizar los recursos destinados al mantenimiento y controlar los daños en las estructuras que integran la infraestructura vial, vendría a ser de gran ayuda para los entes gubernamentales que tienen a cargo ese mantenimiento.

Encontrar un patrón en el comportamiento de los puentes de acuerdo al tráfico que circula por ellos, podría ser uno de los primeros pasos en la búsqueda de esa herramienta de pronóstico por medio de algunos indicadores. Por eso, y aprovechando información generada en algunas instituciones públicas del país, se ha decidido empezar a estudiar esta importante vía con el propósito que en el futuro se pueda aplicar esto mismo en otras rutas.

De lo anterior, el propósito principal de este documento consiste en encontrar esa correlación del tránsito promedio diario con la condición de algunos puentes parte de esa vía, utilizando únicamente la información disponible en las instituciones públicas como universidades y ministerios.

Este trabajo se estructura en un marco teórico, donde se hablará de aspectos generales de los puentes y la forma en que se hace la inspección de la condición estructural, algunos conceptos inherentes al tráfico vehicular, métodos de estimación de la capacidad vial y crecimiento anual; también aspectos teóricos de la regresión lineal. En el tercer capítulo se detalla el tipo de investigación, la fuente y sujetos de información, las técnicas e instrumentos de investigación realizados, así como la forma en que se lleva a cabo el procesamiento y análisis de datos. En el cuarto capítulo se describen los resultados que se obtuvieron tanto de la inspección realizada en los puentes, como del análisis obtenido de la información de tránsito y la correlación de esos datos. En el quinto capítulo se detallan las conclusiones a las que se llegó analizando los resultados, y las recomendaciones con el fin de mejorar el estudio llevado a cabo y darle continuidad en el futuro.

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), es el ente gubernamental que está a cargo de los puentes en las rutas nacionales del país. Su misión es ser la institución que apoya al ministro en el ejercicio de la rectoría del Sector Transporte; responsable de regular y controlar el transporte, así como de ejecutar obras de infraestructura del transporte, seguras y eficientes, con el objetivo de contribuir al crecimiento económico -social en armonía con el ambiente. (MOPT, 2017)

Asimismo, no está de más agregar que el MOPT tiene como objetivo general el dotar al país de la infraestructura del transporte requerida y velar por la adecuada operativización del Sistema del Transporte. (MOPT, 2017)

Dentro de los objetivos estratégicos institucionales están el mejorar la transitabilidad para incrementar el desarrollo socioeconómico del país, en coordinación con los entes responsables de la atención de la Red Vial. Por otra parte, entre los objetivos institucionales permanentes, el Ministerio debe lograr que los sistemas y servicios de Infraestructura y Transporte sean eficientes y seguros, en términos económicos, ambientales y sociales.

Y dentro de las funciones principales, el MOPT tiene entre sus quehaceres el planificar, construir y mejorar las carreteras y caminos del país. (MOPT, 2017)

Dentro del MOPT hay dos direcciones estrechamente relacionadas con el tema expuesto en este proyecto: la Secretaría de Planificación Sectorial y la Dirección de Puentes. Ambas con funciones importantes dentro del quehacer de los puentes de las rutas nacionales.

La Secretaría de Planificación Sectorial asesora al ministro en el tema de planificación dentro del Sector Transporte e Infraestructura. Una de sus funciones se relaciona con gestionar la investigación, análisis, procesamiento y mantenimiento de información relevante del Sector Transporte e Infraestructura, con datos oportunos y actualizados, mediante el diseño y desarrollo de un sistema de información del Sector, que sirva de referencia para una adecuada planificación estratégica multimodal y asesoría al Ministro Rector en la toma de decisiones. (MOPT, 2017). Esta Secretaría lleva los registros del tránsito promedio diario medidos en las rutas nacionales, y realizado mediante la utilización de equipos especializados.

Por otro lado, la Dirección de Puentes es el departamento encargado de recomendar la emisión de lineamientos técnicos sobre diseño, construcción (reconstrucción), mantenimiento y conservación de puentes de la Red Vial Cantonal y Nacional, para el fortalecimiento de la rectoría en el Sector Transporte e Infraestructura. Asimismo, esta dirección evalúa a través del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) las deficiencias que presentan los diferentes puentes según las inspecciones realizadas por las instituciones competentes, además establecer las prioridades de intervención partiendo del pronóstico de deterioro del puente y estimar el costo preliminar de la intervención requerida. (MOPT, 2017).

La valoración de los deterioros que sufren los puentes en la Ruta 39 debido a las cargas de tránsito, es una muy importante y valiosa herramienta para las labores que debe realizar la Secretaría de Planificación Sectorial en lo que respecta al manejo y distribución de la información generada para uso de los entes encargados del mantenimiento y control de puentes.

1.2 Planteamiento del problema

La infraestructura del país se encuentra en muy malas condiciones, y específicamente los puentes, presentan gran deterioro en su estructura ocasionando que las intervenciones que se dejan de hacer sean cada vez más onerosas para cuando ya se deben reparar de manera urgente. Se requieren herramientas que ayuden a las autoridades gubernamentales a prever muchos de los problemas que van surgiendo a lo largo de los años, y a la vez que le permitan ver cuán graves se podrían tornar.

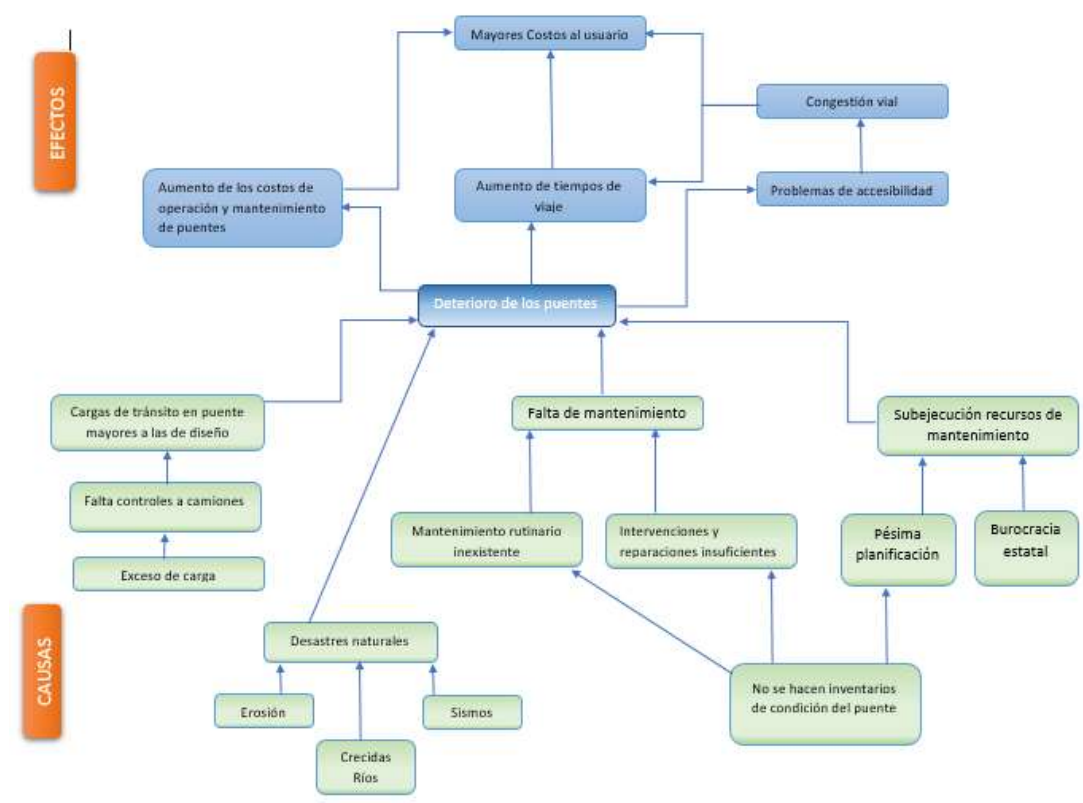


Figura 1: Árbol de problemas del deterioro de los puentes

1.3 Justificación del Estudio

El país presenta un gran rezago en desarrollo de infraestructura carretera. Según el Reporte Global de Competitividad 2015-2016 del Foro Económico Mundial, ocupa el puesto 103 en lo que corresponde a calidad de la infraestructura; y en calidad de carreteras en el año 2015 ocupaba el puesto 115 de un total de 144 naciones.

La falta de previsión y planificación de las autoridades encargadas de los puentes, han llevado a que la condición de estos empeore año a año por la falta de mantenimiento. Un estudio denominado “*Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación de la Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes basado en 29 puentes de la Red de Carreteras de Costa Rica*” (Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA), 2007); concluyó que la mayoría de las estructuras de los puentes sufren un gran deterioro por la crecida de los ríos y sismos, así como por la acción del aumento del volumen del tránsito pesado, lo cual ha llevado a

daños críticos en las estructuras. De acuerdo a otro informe, denominado “*Informe de la auditoría especial sobre la gestión relacionada con puentes de la red vial nacional*” (Contraloría General de la República, 2015), se explica que según datos del CONAVI, en el período 2011-2013 se presupuestó un monto total para intervenciones de puentes de la red vial nacional de ₡33,4 mil millones de colones. Aun así, el mismo informe indica que el CONAVI únicamente ejecutó un 54% de esos recursos: montos nada despreciables y necesarios para el mantenimiento de los puentes.

La ruta 39 es una carretera estratégica de entre cuatro y seis carriles que rodea en forma periférica el centro de San José, siendo una ruta muy transitada por todo tipo de vehículos en su paso hacia diversos sectores del país. Cuenta con diversos pasos a desnivel y puentes que permiten a esta vía conectar diversos sectores de la capital. Al ser una ruta muy importante para el desplazamiento por San José, es imprescindible monitorear sus condiciones de mantenimiento.

En este momento el país no cuenta con los controles necesarios en el tránsito de camiones pesados por las vías, por lo que nuestra infraestructura se ve expuesta a las sobrecargas que estos llevan. Además, la deficiente gestión en infraestructura vial y la congestión vehicular provocan que las obras vayan experimentando desgaste. El Ministerio de Obras Públicas y Transportes dispone de cinco estaciones permanentes de radar en la zona, con las cuales monitorea el comportamiento del tránsito en la zona todo el año. Asimismo, el Tecnológico de Costa Rica ha realizado los inventarios en los puentes de esta ruta, registrando los daños. Esta información que se tiene al alcance resulta en una buena oportunidad para tratar de relacionar los datos de estas variables mediante métodos apropiados a los datos disponibles. De igual manera, no se tienen registros de estimaciones de ciclos de carga con datos continuos de tránsito como los que se cuentan en esa zona. Este proyecto perfectamente puede servir como un inicio para empezar a darle seguimiento a la predicción de daños en esos puentes, complementando con los datos de las estaciones de radar.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Relacionar el tránsito promedio diario con la condición de la superestructura de los puentes de la Ruta Nacional N°39, mediante métodos de análisis de regresión lineal, para verificar si hay una relación entre las variables.

1.4.2 Objetivos específicos

Caracterizar las condiciones estructurales de los puentes, de acuerdo a su tipo, mediante la revisión de los inventarios realizados por el programa eBridge del TEC, y encontrar los daños más significativos.

Analizar las bases de datos con tránsito diario que circula sobre la Ruta 39, a través de los registros de las estaciones permanentes de radar del MOPT de los últimos tres años ubicadas en esta misma ruta, para obtener características del tránsito que circula en esa vía.

Correlacionar el tránsito promedio diario con los daños indicados en los registros, mediante un análisis estadístico adecuado al tipo de datos de entrada disponibles, para planificación de la infraestructura.

1.5 Alcance y limitaciones

1.5.1 Alcances

Se tomarán los datos únicamente de cinco estaciones de radar localizadas en la ruta 39, así como información de conteos en otros sectores de la carretera de Circunvalación que estén disponibles en el MOPT.

Se trabajará con los datos de puentes que poseen estructura de concreto, se excluyen las estructuras calificadas como alcantarillas dentro de los inventarios.

Para la verificación de la condición estructural de los puentes, no se utilizará otra herramienta más que la inspección visual en sitio, considerando los lineamientos y las recomendaciones dadas por el Manual de Inspección de Puentes del MOPT.

Respecto a los productos esperados, se tienen los siguientes:

Para el objetivo específico número 1:

- Lista con análisis de los daños únicamente de la superestructura.
- Tabla de comparación de daños estructurales relevantes con la edad del puente.
- Tabla con Indicadores de la condición de la estructura de cada puente

Para el objetivo específico número 2:

- Patrones de flujo horario y diario de camiones
- Porcentaje de camiones
- Crecimiento del flujo vehicular

Para el objetivo específico número 3:

- Establecer relación entre las variables y comprobación de la hipótesis

1.5.2 Limitaciones

Se toman en cuenta únicamente tres años de datos de las estaciones de radar, abarcando los años 2015, 2016 y 2017. Además, como no siempre se cuenta con información histórica detallada de conteos de tránsito en los tramos inmediatamente adyacentes a los puentes, se utilizará la que esté disponible en la Secretaría de Planificación Sectorial del MOPT.

No se dispone de inventarios históricos de los puentes parte de este estudio, únicamente se tiene el inventario realizado por el proyecto eBridge.

No se tiene a disposición la totalidad de la información del año de construcción, cargas de diseño y planos de todos los puentes. Algunos puentes tienen más información completa que otros.

La información de las estaciones de radar provista por la Secretaría de Planificación Sectorial, aunque proviene de equipos que trabajan continuamente, pueden presentar fallos que arrojarían datos faltantes y por lo tanto no continuos de flujo de tránsito. Esta información faltante puede ser de minutos y hasta por días enteros.

No se cuenta con grúas especiales para una mejor inspección al realizar el inventario de puentes, lo que conlleva en pérdida de detalles al registrar los daños.

Los equipos contadores de vehículos de las estaciones del MOPT clasifican únicamente en cuatro categorías los vehículos detectados: motos, livianos, camiones y camiones articulados.

Se considerarán dentro del estudio, únicamente los volúmenes de tránsito contabilizados por los camiones. Se excluyen las motos y vehículos livianos por no generar un impacto apreciable en la condición estructural de los puentes.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Aspectos generales de los puentes

Los puentes son estructuras edificadas para salvar obstáculos y permitir el tránsito a través de ellos. Al igual que el resto de los componentes de un sistema vial, están sometidos al deterioro ante los efectos ambientales y a la fatiga de sus componentes.

Con el propósito de poder comprender las partes que componen los puentes y que son parte del análisis que se hará más adelante, se describen a continuación. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007)

2.1.1 Componentes de un puente

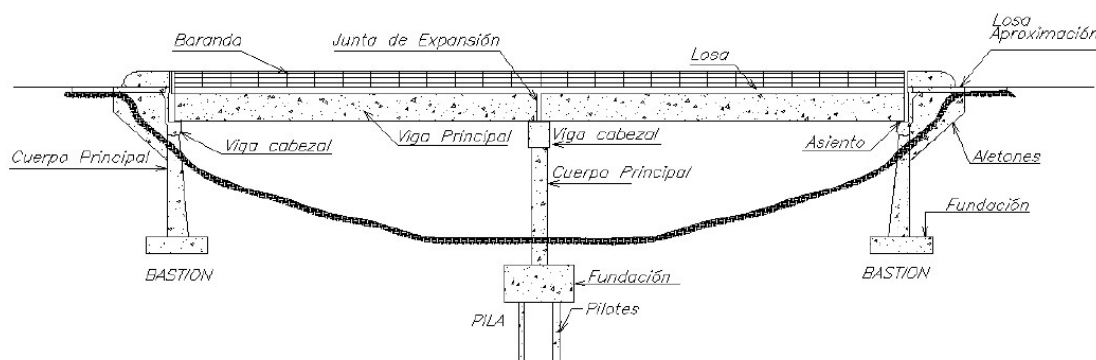


Figura 2: Elementos principales de un puente. Fuente: Manual de Puentes MOPT 2007

Accesorios: componentes del puente que no tienen función en el soporte estructural del puente, sin embargo, son muy importantes para su funcionamiento tales como la superficie de rodamiento, juntas de expansión y barandas.

Superestructura: como lo indica su nombre, es la parte superior del puente compuesta por el tablero o piso, así como los elementos principales tales como vigas y cerchas. Los elementos secundarios que la integran corresponden a los arriostres, diafragmas y aceras.

Subestructura: Es la parte del puente que está debajo de las vigas, y la componen los apoyos, bastiones y pilas.

Accesos de aproximación: los accesos son los rellenos contruidos para accesar el puente con sus protecciones para confinarlo y la losa de aproximación.

2.1.1.1 Accesorios

Los elementos que componen los accesorios son (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007):

Superficie de rodamiento, capa de desgaste que se coloca sobre la plataforma del sistema de piso para protegerlo de la abrasión producida por el tráfico; puede ser de asfalto o concreto con espesores que varían de 2.54 cm a 5 cm. Sin embargo, debido a malas prácticas del mantenimiento

de carreteras, este espesor algunas veces es mayor por la inapropiada colocación de sobrecapas de asfalto.

Baranda, sistema de contención longitudinal fijada al sistema de piso para evitar la caída al vacío de los usuarios, vehículos, ciclistas y peatones, pueden ser de concreto o de acero.

Juntas de expansión, Elementos divisorios de la losa instalados en los extremos de cada tipo de superestructura que permite la traslación y/o rotación, para garantizar la expansión y contracción de la superestructura por temperatura y sismo. En Costa Rica los cuatro tipos de juntas de expansión más comunes son:

Juntas abiertas: es una abertura libre inferior a 12.7 mm (1/2" pulgada) entre losas de concreto de tramos adyacentes, pueden ser entre losa-losa, losa-bastión, losa-losa de aproximación, típicamente cuenta con angulares o perfiles de acero para prevenir el desprendimiento del concreto en los bordes externos.

Juntas selladas: las cuales a su vez se subdividen en:

- *Juntas rellenas*: se aplican en puentes cortos con desplazamientos inferiores a 38.1 mm (1 1/2" pulgada), son similares a las juntas abiertas, pero cuentan con un tapajuntas de goma o banda de hule preformado tipo "water stop" para garantizar el relleno premoldeado que se sella con hule chorreado
- *Juntas con sellos comprimidos de neopreno*: se aplican en puentes con desplazamientos de 12.7 mm a 63,5 mm (de 1/2 a 2 1/2 pulgada), se instala un sello elástico preformado comúnmente de neopreno de celda abierta, comprimido dentro de una junta abierta y adherido a ésta, la elasticidad del material del sello permite la impermeabilidad de la junta y admite el movimiento de la losa
- *Juntas de placas de acero deslizante*: se aplican para puentes con desplazamientos mayores a 101 mm (4" pulgadas). Consiste en una placa de acero anclada a uno de los extremos de la abertura que se desliza permitiendo el movimiento de la superestructura
- *Juntas de placas dentadas*: se aplican para puentes con desplazamientos de hasta 610 mm (24" pulgadas), están compuestas por dos placas de acero en forma de dedos o dientes que se entrelazan dejando un área libre entre sí para admitir los movimientos. Para garantizar la impermeabilización de la junta es necesario complementarla con un drenaje mediante material elastomérico instalado por debajo de las placas.

2.1.1.2 Superestructura

Según la definición dada por el Manual de Puentes del MOPT, "La superestructura comprende todos los elementos estructurales que se encuentran sobre los apoyos del puente como son el sistema de piso, los elementos principales tales como vigas, cerchas, arcos y sistemas de suspensión (puentes colgantes y atirantados) y los elementos secundarios como diafragmas, viguetas de piso, sistema de arriostramiento, portales, entre otros".

A continuación, se explicarán los términos que componen la superestructura según la definición expuesta por el Manual de Puentes antes referido.

Sistema de piso: Generalmente denominado como "losa" es la plataforma sobre la cual circula la carga vehicular, puede ser de concreto reforzado, acero o madera. El sistema de piso tiene como principal función la transferencia de la carga viva a los elementos principales de la superestructura que pueden ser arcos, cerchas y vigas, entre otros.

Elementos secundarios: Son aquellos que distribuyen adecuadamente las cargas, generan mayor rigidez lateral y torsional restringiendo las deformaciones de los elementos principales para que éstos sean más eficientes, por ejemplo, los diafragmas en sentido transversal, los

arriostramientos en planta inferior y en planta superior que unen entre sí las vigas principales, cerchas y arcos.

Elementos principales: Su función principal es soportar las cargas transferidas a ellos por el sistema de piso y además transmitir los esfuerzos resultantes hacia la subestructura a través de los apoyos. Cada rango de longitud de puente cuenta con el tipo de elemento más eficiente para soportar los esfuerzos producidos por las cargas, el cual también determina el tipo de superestructura.

2.1.2 Tipos de superestructura

De acuerdo al Manual de Puentes del MOPT: “El tipo de superestructura está definido por el modelo estructural (sea este de tramo simple o de tramos continuos ya sea de vigas, cercha, arco, marco rígido, etc.) y por el material de los elementos principales (acero, concreto, madera, etc.).”

2.1.2.1 Superestructura de vigas

Superestructura de viga simple: viga principal con dos apoyos con juntas de expansión al inicio y al final del tramo.

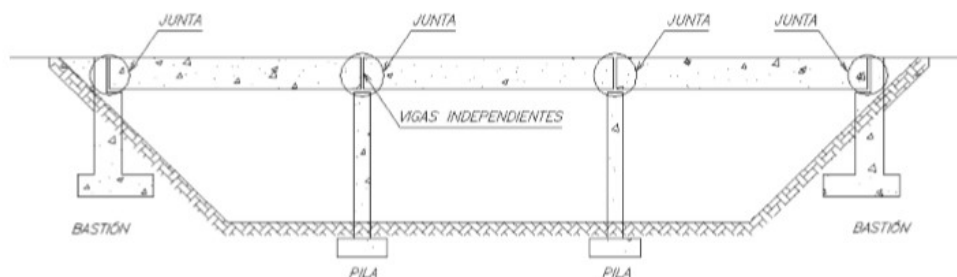


Figura 3: Superestructura de viga simple. Fuente: Manual de Puentes MOPT, 2007

Superestructura de vigas continuas: Viga principal con más de dos apoyos.

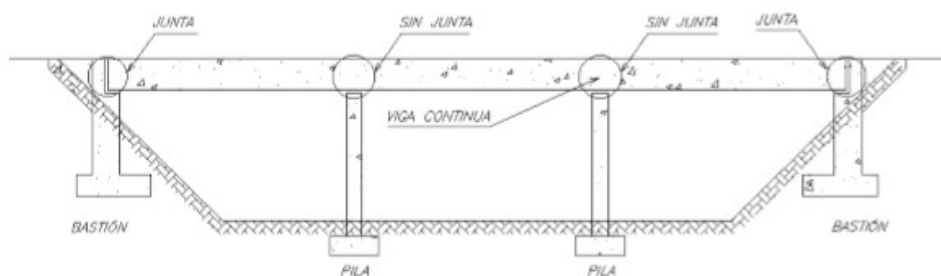


Figura 4: Superestructura de vigas continuas. Fuente: Manual de Puentes MOPT, 2007

Los tipos más comunes de las vigas principales sometidas a esfuerzos de flexión y cortante son:

Losa: En este caso la losa funciona como viga plana sin requerir ningún elemento adicional.

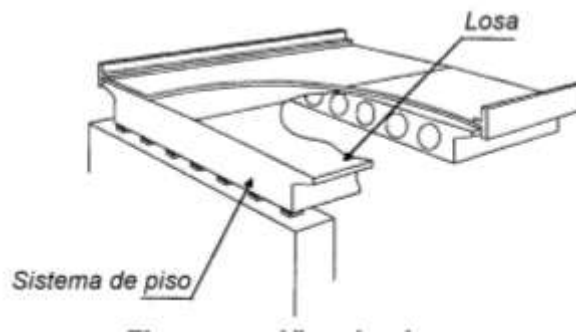


Figura 5: Viga tipo losa. Fuente: Manual de Puentes MOPT, 2007

Viga I: Tiene la forma de la letra I, pueden ser acero o de concreto, en este último caso únicamente para elementos prefabricados que son preesforzados.

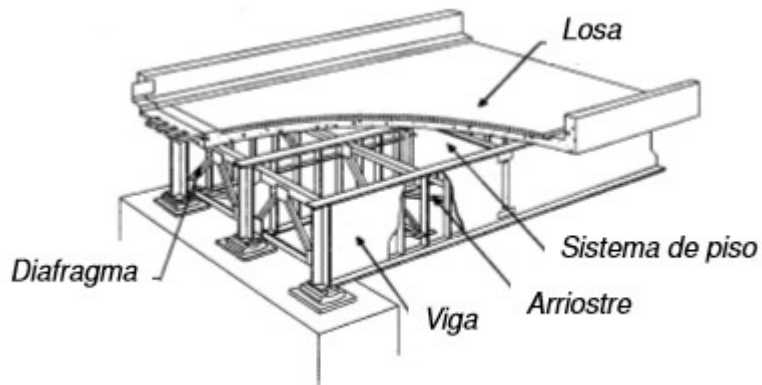


Figura 6: Viga tipo I. Fuente: Manual de Puentes MOPT, 2007

Viga T: Viga con forma de la letra T, pueden ser construidas de concreto reforzado y preesforzado.

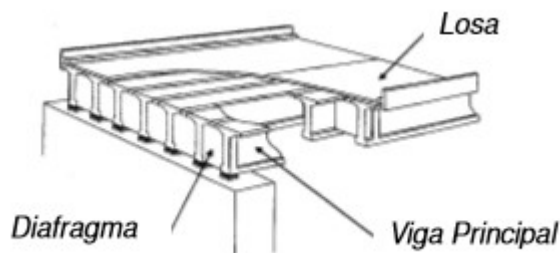


Figura 7: Viga tipo T. Fuente: : Manual de Puentes MOPT, 2007

Viga cajón: Las vigas cajón poseen gran resistencia a la torsión y usualmente no requieren arriostramiento. Los materiales que se utilizan para su construcción son acero y concreto.

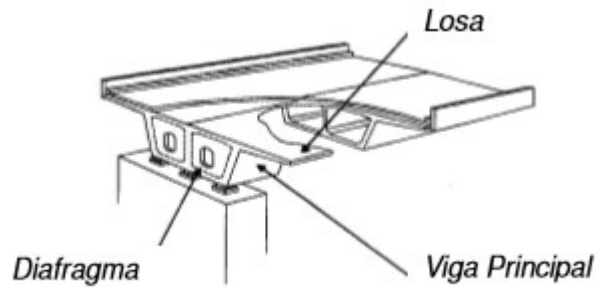


Figura 8: Viga tipo cajón. Fuente: : Manual de Puentes MOPT, 2007

Marco rígido: Es aquella estructura en la que las vigas de la superestructura están empotradas en las pilas de tal manera que los apoyos transmiten esfuerzos de flexión a las columnas

2.2 Tránsito y su caracterización

En los últimos años se ha venido dando un gran avance en las tecnologías que sirven para monitorear y caracterizar el tránsito, lo cual se ha plasmado principalmente en la posibilidad de recolectar datos por períodos extensos de tiempo en rutas con muchos carriles, permitiendo discriminar entre varias clases de vehículos, especialmente los vehículos pesados. Toda esta información generada tiene cada vez más utilidades potenciales, especialmente en elementos que complementan la infraestructura vial. Entre las diferentes aplicaciones posibles, estas bases de datos pueden ser utilizadas para definir modelos probabilísticos que puedan predecir el comportamiento de los elementos que componen la infraestructura vial, siendo de interés en este estudio los puentes.

Según la Guía de Monitoreo del Tráfico (Federal Highway Administration, 2016), el tránsito se monitorea con el propósito de describir las condiciones del flujo vehicular de una ruta de interés. Para cumplir ese fin, se pueden utilizar diversos métodos para captar esas características, siendo las principales el conteo realizado manualmente y el que se hace mediante equipos especiales.

Todas estas ventajas tecnológicas permiten que cada vez más variedad de datos se pueda recolectar. Diversos indicadores se pueden obtener de un monitoreo o estudio del tránsito: volumen o la cantidad de vehículos, su clasificación de acuerdo a la cantidad de ejes o su tamaño, la tasa de crecimiento y otras características como pueden ser la velocidad de los vehículos circulantes, espaciamiento entre ellos y porcentaje de ocupación de los carriles.

2.2.1 Conceptos de tráfico vehicular

Gran cantidad de datos se pueden obtener del tráfico, dependiendo del uso que se le desea dar, así es el tipo y detalle de datos que se miden. Se procederá a explicar los diferentes indicadores que se pueden obtener del tránsito vehicular, y que permiten caracterizar el flujo de tráfico en los tramos de carretera.

2.2.1.1 *Volumen*

El volumen del tránsito es la forma más básica de recolección de datos de tráfico. Es la cantidad de vehículos que atraviesan un segmento de carretera en un tiempo determinado. Los recuentos de volumen se recogen como una combinación de recuentos continuos y recuentos a corto plazo. Dentro del volumen, se obtiene el Tránsito Promedio que permite caracterizar una ruta de acuerdo a la cantidad de vehículos que permite circular a través de ella. (Federal Highway Administration, 2016). El volumen permite de primera mano darnos una idea de la importancia de la vía por la que transitan esos vehículos.

Los volúmenes pueden ser expresados en los siguientes términos: anual, mensual, semanal, diario, horario o en fracciones de la hora.

2.2.1.2 *Tránsito Promedio Diario*

El tránsito promedio diario se podría definir como el volumen total durante un período de tiempo determinado (en días enteros), mayor de un día y menos de un año, dividido por el número de días en ese período de tiempo (Federal Highway Administration, 2016). El TPD es uno de los parámetros que permiten categorizar el tipo de ruta por la que transitan esa cantidad de vehículos, siendo las clasificaciones como ruta troncal, alimentadora o una calle menor.

2.2.1.3 *Tránsito Promedio Diario Anual*

Este es el volumen total de tráfico vehicular de un año dividido por 365 días. Se supone que representa el tráfico en un día típico del año. El TPDA es muy utilizado en el diseño de pavimentos.

2.2.1.4 *Clasificación vehicular*

El flujo de tránsito se puede clasificar mediante simple observación y guardando los datos manualmente; o por medio del uso de equipo automatizado. La recolección de datos manual, debido a que es realizada por personal técnico es a corto plazo y se basa en el número de ejes y el estilo de carrocería del vehículo. Por otro lado, el equipo automatizado puede utilizarse continuamente o por períodos cortos y clasificar los vehículos a través de la cantidad y distancia entre los ejes, o la longitud total del vehículo (Federal Highway Administration, 2016).

2.2.1.5 *Velocidad*

La velocidad constituye el espacio recorrido en un determinado tiempo. Según AASHTO, “los datos de velocidad se pueden reportar como una velocidad promedio para los períodos del día (por ejemplo, pico de la mañana) por día de la semana, mes o promedio anual” (American Association of State Highway and Transportation, 2009). Éstos se calcularían directamente como una media ponderada de los promedios diarios. Las distribuciones de velocidad también se pueden reportar, incluyendo el porcentaje de tráfico que excede el límite de velocidad. Los datos de velocidad pueden ser almacenados cuando se recogen y el volumen dentro de cada contenedor de velocidad se utilizará para representar la distribución. Los datos de velocidad también se pueden agregar para que cumpla con un requisito de recuento de volumen”.

Los parámetros anteriormente descritos, dan una idea de las características del flujo que circula en un tramo de carretera. Esto permite generar diferentes tipos de análisis para entender el comportamiento del tránsito, ya sea en una hora o día en específico o a nivel anual. Esta información permite realizar análisis tanto a nivel de planeamiento del tránsito como para el diseño de infraestructura vial.

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes cuenta con información de tránsito continua en diversos puntos del país, y en el área específica que comprende este estudio cuenta con cinco estaciones permanentes de monitoreo mediante radar. Utilizando esta tecnología, la Secretaría de Planificación cuenta por el momento con registros de tres años de información de volumen clasificada en cuatro categorías: motos, vehículos livianos, pesados no articulados y pesados articulados.

La recolección de la información de tráfico se hace mediante dispositivos de radar para detección de vehículos, que operan con tecnología FMCW (Onda Continua de Frecuencia Modulada) instalados en postes a un lado de las vías. La tecnología FMCW se basa en la emisión de una señal de microondas de baja potencia en constante variación de frecuencia, formando un haz en forma de abanico que se proyecta sobre la vía. Los objetos que no pertenezcan a la vía reflejarán la señal de vuelta al radar, mostrando su ubicación dentro del área generada. Este dispositivo es capaz de recabar como mínimo, información por cada carril de tráfico, ocupación de la vía, velocidad, velocidad en percentil 85, separación entre vehículos y clasificación para un mínimo de seis diferentes tipos de vehículos, en vías desde 1 hasta seis carriles de ancho.



Figura 9: Estación de radar del MOPT monitoreando la Ruta 39. Fuente: Propia.

2.2.2 Patrones de variabilidad del tránsito

Cuando se cuenta con una gran cantidad de datos, es posible notar patrones en el flujo vehicular que nos puede permitir caracterizarlo y hasta hacer pronósticos de futuro comportamiento. Los volúmenes de tráfico tienden a variar con el tiempo y el espacio. Es decir, el flujo difiere a lo largo de las horas del día, de la semana, varían de acuerdo al mes y pueden aumentar o disminuir con los años. Del mismo modo, los patrones de tráfico son diferentes en las autopistas urbanas y en las carreteras rurales.

2.2.2.1 Variación horaria

En los días entre semana, es común hallar este patrón, donde hay picos de volumen en las mañanas y en las tardes. Los fines de semana tiende a presentar una curva diferente. Las curvas características de las zonas urbanas y rurales difieren en su forma, presentando las carreteras rurales picos no pronunciados.

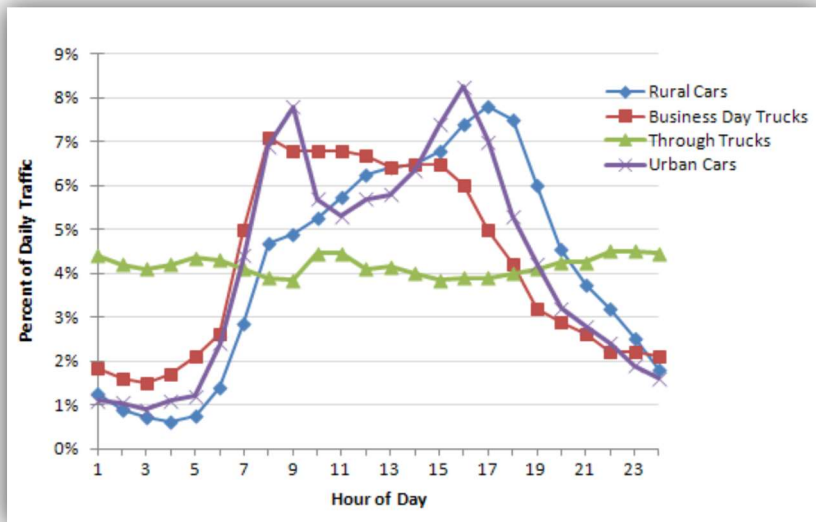


Figura 10: Distribución del volumen, según el tipo de vehículo, a lo largo del día. Fuente: FHWA, 2016.

2.2.2.2 Variación diaria

Se presentan dos tipos de patrones, el urbano que es constante durante los días laborales y declina durante el de fin de semana. En cambio, en los lugares turísticos fuera de las grandes ciudades, muestra volúmenes más altos los fines de semana que el resto de los otros días.

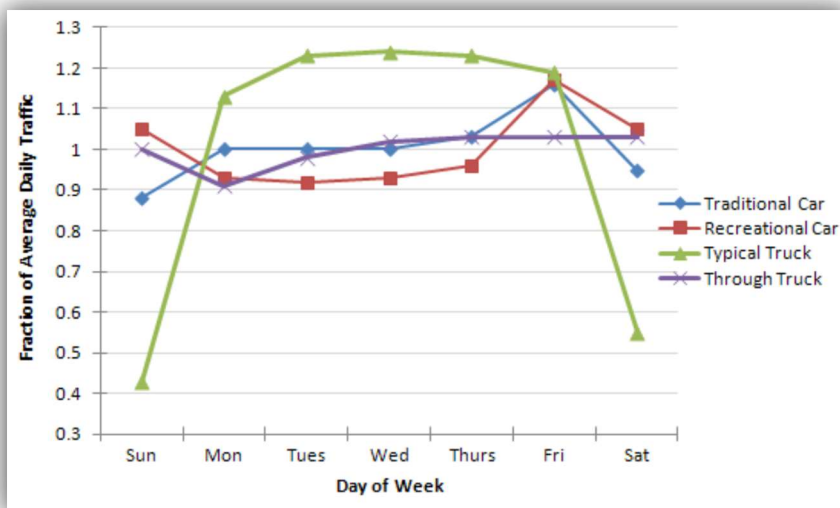


Figura 11: Distribución del volumen según el tipo de vehículo, a lo largo de la semana. Fuente: FHWA, 2016.

2.2.2.3 Variación estacional o mensual

Los patrones de flujos lo largo del año tienden a mostrar variaciones especialmente durante el mes de diciembre, que tiene un aumento en su volumen. Por el contrario, durante los meses de enero y julio se tienen menores volúmenes debido a las vacaciones escolares. De igual manera marzo o abril (dependiendo de cuándo es Semana Santa), pero en menor grado.

Para apreciar estas variaciones, se requiere de una estación permanente con equipo que monitoree constantemente el volumen de tránsito.

La gráfica mostrada corresponde a EEUU, donde los días de verano es mayor el volumen, y menor durante los días de invierno.

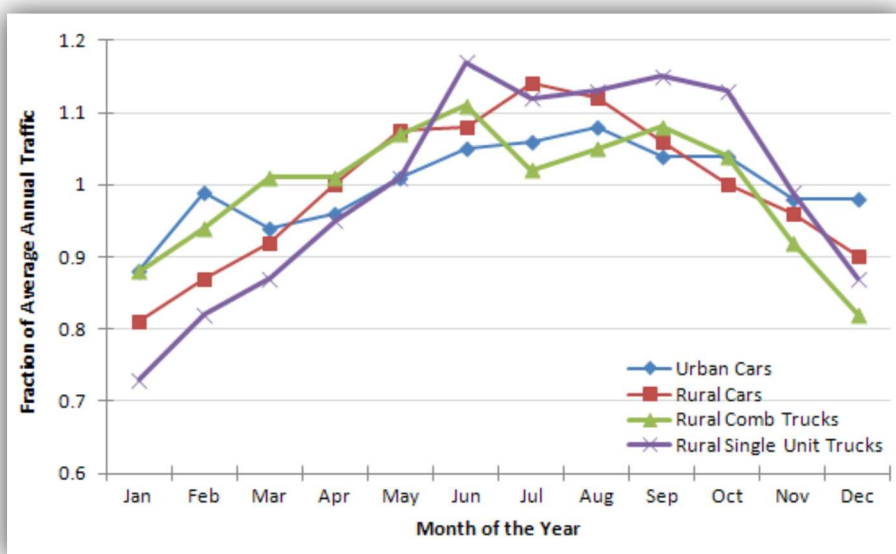


Figura 12: Distribución del volumen vehicular a lo largo de un año. Fuente: FHWA, 2016.

2.2.3 Crecimiento anual

El crecimiento anual es un indicador de la variación en el volumen de tránsito, que permite visualizar de forma comparativa de un año a otro la tasa de variación en el flujo vehicular. El mismo es muy importante de conocer porque permite tomar las previsiones en la infraestructura vial existente con tal de considerar la demanda año a año de los usuarios de vehículos.

Hay diversas maneras de poder estimar ese crecimiento, sin embargo, una de las formas en que se puede representar de una forma más realista es mediante una curva logística de crecimiento.

2.2.3.1 Crecimiento logístico

Este tipo de crecimiento, muy utilizado en la biología, establece que ningún tipo de población puede crecer de forma indefinida, más bien esta se verá limitada por la cantidad de recursos disponibles para su desarrollo. Esto se puede relacionar de forma analógica con el tránsito vehicular: el volumen del tránsito verá limitado su crecimiento de acuerdo a la oferta de infraestructura que tenga disponible.

En una curva logística aplicada al tránsito vehicular, el crecimiento se caracteriza por mostrar de manera inicial un incremento lento que luego aumenta de manera exponencial, para presentar durante un corto período de tiempo un crecimiento constante de tipo lineal, y finalmente empieza a mostrar una desaceleración del crecimiento para eventualmente detenerse cuando alcanza el límite de la capacidad. La capacidad está dada por el volumen de saturación que tiene la vía. Este tipo de crecimiento puede ser modelado mediante una función logística o curva de crecimiento logístico.

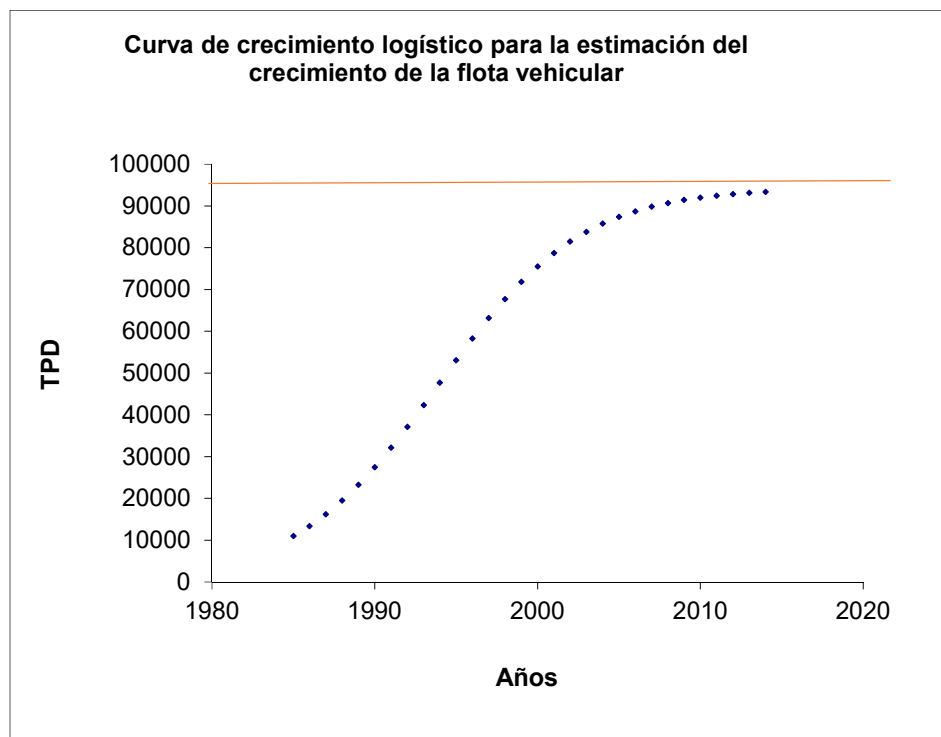


Figura 13: Curva de crecimiento logístico. La curva empieza a crecer a partir de una asintota inferior mediante un crecimiento exponencial. Posteriormente el volumen crece en forma lineal, y cuando la curva se va acercando a la asintota superior, la tasa de crecimiento va decayendo hasta acercarse a cero. La

asíntota superior representa la capacidad máxima que tiene la vía para albergar una cantidad determinada de vehículos, a eso se le denomina Capacidad de Saturación. Fuente: Elaboración propia.

Esta curva viene dada por la siguiente ecuación:

$$y = \frac{C}{[1 + e^{m \cdot r + b}]}$$

Ecuación 2-1

Donde C es la capacidad del sistema, y a r se le denomina la tasa natural de crecimiento. En la gráfica mostrada en la Figura 5, la capacidad máxima o de saturación corresponde a la línea naranja, donde la gráfica de puntos se aproxima a ella de forma asintótica.

Para poder construir la curva logística con información de tránsito, se debe encontrar la capacidad de la vía, disponer de información de Tránsito Promedio Diario histórico y a partir de esa información calcular el TPD de saturación de la vía.

2.2.4 Capacidad de la Vía

Según el Manual de Capacidad (Transport Research Board, 2010), “La capacidad de un sistema es la tasa sostenible de flujo horario máximo a la que se puede esperar razonablemente que personas o vehículos atraviesen un punto o una sección uniforme de un carril o camino durante un período de tiempo dado bajo las condiciones prevalecientes de la carretera, el medio ambiente, y tráfico”. Esta definición de capacidad dada por el HCM es para un nivel más general, en el que se involucran muchos modos de transporte, y se incluyen las personas.

Sin embargo, el HCM brinda también un concepto de capacidad específicamente, para los automotores: “La capacidad vehicular es la cantidad máxima de vehículos que pueden atravesar un determinado punto durante un período específico bajo condiciones prevalecientes de la carretera y el tráfico”. El HCM aclara eso sí, el concepto de capacidad excluye el impacto generado por las colas en puntos más allá del analizado. Es importante recordar que los datos con los que se pretende trabajar en esta investigación, son en puntos de tráfico ininterrumpido, de ahí que se debe descartar la influencia provocada por el tránsito en puntos cercanos.

Para poder estimar la capacidad, se asume que las condiciones que la definen son uniformes para el segmento que se estudia. Cualquier cambio en las condiciones de tránsito o de la carretera varía esa capacidad.

El HCM evalúa de forma diferente la capacidad en las carreteras de dos carriles y en las multicarril. En el caso que le concierne a este estudio, se enfocará en las vías multicarril.

2.2.4.1 Multicarril

Según el citado manual (Transport Research Board, 2010), “las carreteras multicarril generalmente tienen de cuatro a seis carriles (en ambas direcciones) y tienen límites de velocidad entre 65 y 90 km/h. Estas carreteras pueden estar divididas por uno de varios tipos de mediana, pueden estar indivisas (con solo una línea central que separa las direcciones de flujo), o pueden tener un carril de giro a la izquierda bidireccional (TWLTL). Por lo general, se ubican en áreas suburbanas, que conducen a las ciudades centrales, o a lo largo de corredores rurales de gran volumen, que conectan dos ciudades o dos centros de actividades que generan un número considerable de viajes diarios”.

Los volúmenes de tránsito para ese tipo de carretera, según el HCM, “tienen una demanda en el rango de 15,000 a 40,000 vehículos/día”. En algunos casos, se han observado volúmenes de hasta 100.000 vehículos / día cuando el acceso a través de la mediana está restringido y cuando los cruces principales están separados por grados.

Antes las características descritas, la Ruta 39 calza con la descripción de las carreteras multicarriles. La totalidad de la carretera presenta divisiones en concreto, o una mediana con vegetación que separa ambos sentidos. Además, los volúmenes de tránsito que presenta están en el rango desde los 40 mil vehículos diarios hasta los 80 mil en algunos puntos.

Para efectos de poder evaluar la vía, el HCM trabaja a partir de condiciones básicas de la vía; es decir condiciones ideales en las que se maximiza la capacidad, como por ejemplo condiciones de clima idóneos, que el flujo de vehículos no cuente con camiones o buses, y que los usuarios de la vía estén constituidos por conductores regulares que estén familiarizados con la ruta. Con el uso de factores aplicados en una fórmula, se castiga o se premia las condiciones que posee la sección de carretera en estudio, y se obtiene un valor ajustado de la capacidad.

2.2.4.2 Condiciones de la carretera

De acuerdo a lo que indica el HCM, las condiciones de la carretera para su evaluación incluyen la geometría y otros elementos. En algunos casos, afectan la capacidad de un elemento del sistema, en otros pueden afectar algunas medidas de desempeño como la velocidad, pero no la capacidad o la tasa de flujo máximo.

Los factores de la vía que incluye el HCM son los siguientes:

- Número de Carriles
- Anchos de carril
- Anchos de espaldón y despejes laterales
- Velocidad de diseño
- Alineamiento vertical y horizontal (que depende de la topografía)
- Disponibilidad de carriles exclusivos de giro

2.2.4.3 Condiciones del tránsito

Según el HCM, las principales condiciones de tráfico que influyen la capacidad son los tipos de vehículos y la distribución direccional.

Tipo de vehículo:

La incorporación de camiones al flujo de tránsito (vehículos de dos y más ejes), afecta la capacidad de la carretera incidiendo en las velocidades y por lo tanto en los tiempos de recorrido.

Según el citado Manual de Capacidad, las maneras en que los camiones afectan al tránsito son las siguientes:

Al tener mayores dimensiones que los automóviles de pasajeros, ocupan más espacio en la calzada. Tienen capacidades operativas más pobres que los automóviles de pasajeros, particularmente con respecto a la aceleración, desaceleración y la capacidad de mantener la velocidad en las pendientes. Los espacios creados por los camiones en el tráfico y que no siempre se resuelven con maniobras de rebase de los automóviles. Las colas que se forman detrás de los camiones que se mueven

lentamente, fácilmente apreciables en pendientes empinadas y sostenidas; y en las carreteras de únicamente dos carriles donde para rebasar se necesita el uso del carril opuesto.

Un efecto similar se observa en las pendientes en bajada, donde los camiones requieren ir en marcha lenta, provocando huecos en el tráfico por delante y colas de vehículos detrás.

Otro tipo de vehículos pesados, los autobuses, crean un impacto en el tráfico en la carga y descarga de pasajeros en la vía. Es por eso que el manual del HCM considera que, dentro de los análisis de capacidad, las características de desempeño de los buses son similares a la de los camiones de carga.

Distribución por carril y direccional:

Los análisis de capacidad en vías multicarriles (como es el caso de este estudio), están enfocados en volúmenes de tránsito en una misma dirección en cada sentido, donde los picos de volumen en la mañana se dan principalmente en uno de los sentidos. Mientras que, en la tarde, se aprecia en el sentido opuesto.

En la distribución por carril, usualmente el carril derecho es el que lleva menos tráfico respecto a los carriles adyacentes. Además, en los carriles derechos es por donde usualmente circulan los vehículos más lentos y pesados.

2.2.4.4 Tipo de conductor

Según el HCM, algunos estudios han mostrado que los conductores no familiarizados con la carretera tienen diferente comportamiento respecto a los conductores que sí lo están. Para el tránsito perteneciente a turistas en un tramo de vía, la capacidad es un 10 a un 15% más baja que el mismo tramo con conductores regulares.

2.2.4.5 Capacidad

La capacidad de un tramo de carretera multicarril en condiciones básicas varía con la velocidad de flujo libre (FFS). Seguidamente se muestran los valores de FFS y su capacidad correspondiente.

Tabla 1: Velocidad flujo libre y su respectiva capacidad.

FFS en mi/h	Capacidad (pc/h/ln)
60 (97 km/h)	2200
55 (89 km/h)	2100
50 (80 km/h)	2000
45 (72 km/h)	1900

Fuente: Manual de Capacidad, 2010

Estos valores representan normas nacionales de los EEUU. La capacidad varía estocásticamente, y cualquier punto dentro de la vía podría tener un valor mayor o menor. Además, la capacidad se refiere a la tasa de flujo promedio en todos los carriles. Por lo tanto, un tramo de vía multicarril de dos carriles (en una dirección) con una FFS de 60 mi/h tendría una capacidad esperada de $2 \times 2,200 = 4.400$ pc/h. Este flujo no se distribuiría uniformemente en los dos carriles. Por lo tanto, un carril podría tener flujos estables superiores a 2.200 pc/h/ln.

2.2.5 Descripción de la metodología para la estimación del volumen de saturación de un tramo de carretera

A continuación, se describe la metodología para el cálculo de la capacidad en una vía de tipo multicarril, que es la tipología que corresponde a la Ruta 39. Se transcribe según la da el Manual de Capacidad de Carreteras 2010. En este caso, se hace un análisis operacional, mediante el ingreso de datos con el fin de hallar los volúmenes de servicio prevalecientes con el tráfico y condiciones de la carretera actuales.

Ingreso de los datos

Para un análisis operacional típico, el analista debe especificar (mediante valores predeterminados u obtenidos en el campo) volumen de demanda; número y ancho de carriles; anchos de espaldón; tipo de mediana; densidad de accesos por kilómetro; porcentaje de vehículos pesados, como camiones, autobuses y vehículos recreativos; tipo de terreno; y factor de tipo de conductor.

Digitación de la Velocidad de Flujo Libre

La velocidad se determina directamente a partir de mediciones de campo, o a partir de una estimación. En el caso de este estudio, se hizo una estimación a partir de valores predeterminados cuya explicación se da a continuación.

Estimación de la Velocidad de Flujo Libre (FFS)

Las velocidades de flujo libre de los segmentos de carretera en estudio se pueden determinar de acuerdo a las características físicas de la vía y a partir de la siguiente ecuación:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A$$

Ecuación 2-2

Donde:

- BFFS= Velocidad base de flujo libre estimada para carretera multicarril (km/h)
- FFS= Velocidad de Flujo Libre para autopista básica (km/h)
- f_{LW} = Ajuste para el ancho de carril (km/h)
- f_{LC} = Ajuste por la distancia de objetos laterales (km/h)
- f_M = Ajuste por el tipo de mediana) km/h)
- f_A = Ajuste por la densidad de accesos (km/h)

El parámetro FFS es el más importante de la ecuación anterior, ya que es muy difícil encontrar información suficiente para obtener esa variable. Pero se puede estimar a partir de la velocidad de diseño, porque representa la velocidad de flujo libre potencial basada únicamente en el trazado horizontal y vertical, pero sin tener en cuenta los impactos de ancho de carriles, obstrucciones laterales, tipo de mediana y puntos de acceso. También se puede estimar la velocidad de flujo libre como la velocidad máxima señalizada más 8 kilómetros por hora para límites de 80 o más kilómetros por hora, y más 12 kilómetros por hora para límites menores a dicho valor.

Ajuste del ancho de carril

La condición base para el ancho de carril es de 3.6 m o más. Cuando el promedio del ancho de carril es menor, la velocidad de flujo libre se afecta. Los ajustes para reflejar el efecto de reducción del carril se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 2: Ajuste de la velocidad de flujo libre de acuerdo al ancho de carril

Ancho de carril (m)	Reducción de FFS; f_{LW}
≥ 3.6	0.00
$\geq 3.3 - 3.6$	3.06
$\geq 3.0 - 3.3$	10.62

Fuente: Manual de Capacidad, 1995.

Ajuste por espaciamiento lateral

El ajuste por espaciamiento lateral en segmentos de carreteras multicarriles se basa en el espaciamiento lateral total en el borde de la carretera (lado derecho) y en la mediana (lado izquierdo). Las obstrucciones fijas con efectos de distancia lateral incluyen postes de alumbrado, señales de tránsito, árboles, barandas de puentes, barreras de tráfico y muros de contención. Los bordillos elevados no se consideran obstrucciones.

El espaciamiento lateral derecho se mide a partir del borde derecho del carril de circulación hasta la obstrucción más cercana, que esté al borde de la carretera. Si tales obstrucciones están a más de 1.8 metros del borde del pavimento, se usa el valor de 1.8 m.

El espaciamiento lateral izquierdo se mide desde el borde izquierdo del carril de circulación hasta la obstrucción más cercana en la mediana. Al igual que en el espaciamiento lateral derecho, si tal obstrucción está a más de 1.8 m del borde, se usa un valor de 1.8. Además, cuando el tramo de la carretera no está dividido o tiene un carril central de giros, no se asume ninguna restricción de espacio lateral izquierdo, y se aplica un valor de 1.8 m porque hay un ajuste separado para el tipo de mediana que explica el impacto de una carretera sin divisiones en la estimación del FFS.

La ecuación para estimar el espaciamiento lateral total es la siguiente:

$$TLC = LC_R + LC_L$$

Ecuación 2-3

Donde:

- TLC= Espaciamiento lateral total (m) (valor máximo de 1.8 m)
- LC_R = Espaciamiento lateral derecho (valor máximo de 1.8 m)
- LC_L = Espaciamiento lateral izquierdo (valor máximo de 1.8 m)

Tabla 3: Ajuste de la velocidad de flujo libre de acuerdo al espaciamiento lateral

Carreteras de 4 carriles			Carreteras de 6 carriles		
TLC (m.)	Reducción (km/h)	en FFS	TLC (m)	Reducción (km/h)	en FFS
3.65	0.0		3.65	0.0	
3.05	0.65		3.05	0.65	
2.44	1.45		2.44	1.45	
1.83	2.09		1.83	2.09	
1.22	2.9		1.22	2.75	
0.61	5.8		0.61	4.5	
0	8.7		0	6.28	

Fuente: Manual de Capacidad, 1995

Ajuste por tipo de mediana

Tabla 4: Ajuste de la velocidad de flujo libre de acuerdo al tipo de mediana

Tipo de mediana	Reducción en FFS (f_m)
Sin división	2.57
TWTL	0.0
Dividida	0.0

Fuente: Manual de Capacidad, 1995

Ajuste por densidad de accesos

La Tabla N°5 muestra el ajuste a la velocidad de flujo libre para varios niveles de densidad de puntos de acceso. Los estudios indican que, para cada punto de acceso por kilómetro, la velocidad de flujo libre estimada disminuye en aproximadamente 0.4 km/h, independientemente del tipo de mediana.

La cantidad de puntos de acceso por kilómetro se determina dividiendo el número total de puntos de acceso (puntos donde hay entradas de automóviles e intersecciones sin señalización) en el lado derecho de la carretera en la dirección de desplazamiento. Una intersección o acceso solo debe incluirse en el recuento si influye en el flujo de tráfico. Los puntos de acceso que pasan desapercibidos para los conductores o con poca actividad no deben usarse para determinar la densidad de accesos.

Tabla 5: Ajuste de la velocidad de flujo libre de acuerdo a la densidad de accesos

Densidad de accesos (puntos de acceso/ km)	Reducción en FFS f_A (km/h)
0	0.0
10	4.0
20	8.0
30	12.0
≥40	16.0

Fuente: Manual de Capacidad, 2010

Seleccionar curva de FFS

Una vez que se determina la velocidad de flujo libre de la sección de carretera multicarril, se selecciona una de las curvas base de flujo-velocidad. Los criterios de selección de la curva apropiada se indican a continuación.

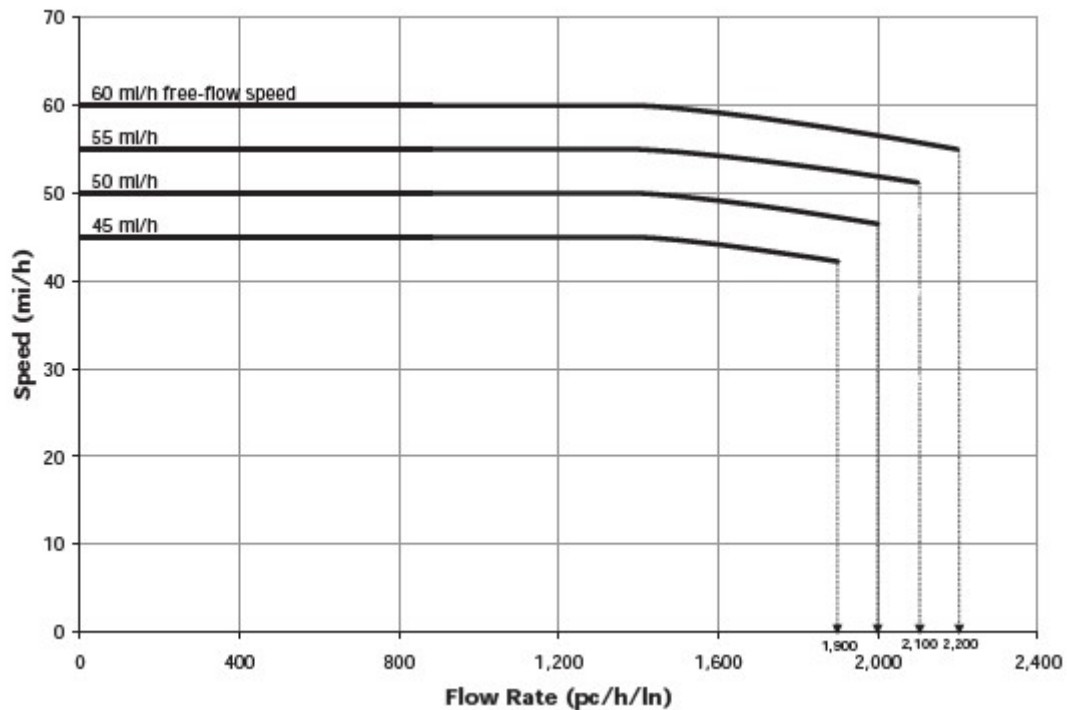


Figura 14: Gráfica Flujo- Velocidad para carreteras multicarril. Fuente: HCM-2010

En la anterior gráfica se muestran las curvas para las velocidades de flujo libre (FFS) entre 45 mi/h (72 km/h) y 60 mi/h (97 km/h). Debido a que las FFS pueden variar ampliamente, se recomienda que el FFS de un segmento de carretera de varios carriles se calcule a las 5 mi/h (8 km/h) más cercana, de la siguiente manera:

42.5 mi/h (68.4 km/h) $\leq$ FFS < 47.5 mi/h (76.5 km/h): use FFS= 45 mi/h (72.4 km/h),
 47.5 mi/h (76.5 km/h) $\leq$ FFS < 52.5 mi/h (84.5 km/h): use FFS= 50 mi/h (80.5 km/h),
 52.5 mi/h (84.5 km/h) $\leq$ FFS < 57.5 mi/h (92.5 km/h): use FFS= 55 mi/h (88.5 km/h),
 57.5 mi/h (92.5 km/h) $\leq$ FFS < 62.5 mi/h (100.5 km/h): use FFS= 60 mi/h (96.6 km/h).

Para los segmentos de autopistas de varios carriles, las velocidades permanecen constantes hasta que alcanzan los 1,400 pc/h/ln (vehículos de pasajeros por hora por carril), luego de lo cual la velocidad disminuye con el aumento de la tasa de flujo vehicular.

Obtención del máximo TPD en un tramo de ruta

Con el propósito de obtener la capacidad máxima del tramo de ruta donde está la estación, se procederá a realizar los siguientes pasos:

A partir del flujo de servicio en condiciones ideales, se obtiene un flujo de servicio con las condiciones imperantes (que no son las ideales) en la carretera en estudio. Para obtener la citada capacidad máxima en un tramo, se emplearán los siguientes supuestos: se usará la máxima relación volumen- capacidad (equivalente a uno), y la capacidad ideal obtenida a partir de la Figura N°13.

$$SF = c \times N \times f_{HV} \times f_p$$

Ecuación 2-4

Donde:

- c = Capacidad asociada a la velocidad de flujo libre
 N Número de carriles
 f_{HV} = Factor de ajuste de vehículos pesados
 f_p = Factor de ajuste por tipo de conductor

Ajuste por vehículos pesados

El factor de ajuste para vehículos pesados (f_{HV}), se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$

Ecuación 2-5

Donde:

- f_{HV} = Factor de ajuste de vehículos pesados
 P_T = Proporción de camiones y buses en el tráfico
 E_T = Equivalente vehículo pasajeros de un camión o bus en el tráfico

El término de vehículos equivalentes representa el número de vehículos de pasajeros que utilizarían la misma cantidad de capacidad de una carretera que un camión o bus, bajo ciertas condiciones.

Para obtener los valores de E_T , se utiliza la siguiente tabla.

Tabla 6: Valores de equivalente de pasajeros de acuerdo al tipo de terreno

Vehículo	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso
Camiones y buses	1.5	2.5	4.5

Fuente: Manual de Capacidad, 1995

El manual del HCM (Transport Research Board, 1985) describe de la siguiente manera las tres categorías de terreno:

Terreno plano: cualquier combinación de pendientes y alineación horizontal o vertical que permita a los vehículos pesados mantener la misma velocidad que los automóviles de pasajeros. Este tipo de terreno generalmente contiene pendientes cortas de no más del 2%.

Terreno ondulado: cualquier combinación de pendientes y alineación horizontal o vertical que hace que los vehículos pesados reduzcan su velocidad sustancialmente por debajo de los vehículos livianos, pero eso no hace que los vehículos pesados operen a velocidades bajas durante un período de tiempo significativo o en intervalos frecuentes.

Terreno montañoso: cualquier combinación de pendientes y alineación horizontal y vertical que hace que los vehículos pesados operen a velocidad de arrastre para distancias significativas o a intervalos frecuentes.

Ajuste por tipo de conductor

En el tráfico en condiciones base de una carretera multicarril, se asume que los conductores que manejan frecuentemente por la zona son representativos de los conductores regulares en un flujo de tráfico compuesto sustancialmente por pasajeros o conductores que están familiarizados con

la ruta. En general, se acepta que los flujos de tráfico compuestas por poblaciones de conductores con diferentes características (por ejemplo, conductores recreativos) usan las autopistas de manera menos eficiente. El factor de ajuste f_p se usa para reflejar el efecto de la población de conductores. Según el manual del HCM, los valores de f_p suelen oscilar entre 0,85 y 1,00. En general, el analista debe usar un valor de 1.00, que refleje los conductores que viajan diariamente o conductores cuya ruta les resulte familiar, a menos que haya evidencia suficiente de que se debe usar un valor menor.

Para convertir ese volumen de servicio a uno de volumen de servicio diario (que representa el máximo Tránsito Promedio Diario que puede pasar bajo las condiciones geométricas y de tráfico que prevalecen en la vía en estudio), se divide por el factor K, que representa el porcentaje del tránsito promedio diario que pasa durante la hora pico. El valor de K se obtiene de los datos de tránsito de las estaciones de radar en la ruta 39.

Tránsito diario anual máximo

$$TPDA_{m\acute{a}x} = \frac{SF}{K}$$

Ecuación 2-6

El valor de K, es el valor obtenido de la relación entre el volumen horario y el Tránsito Promedio Diario. Este valor se obtiene de los datos obtenidos por la Secretaría de Planificación Sectorial del MOPT.

2.3 Inspección de la condición estructural de un puente

En el ámbito ingenieril, hay diferentes técnicas de inspección que no requieren la destrucción de muestras o elementos para conocer la condición estructural de un puente. Estas requieren de técnicos especializados que puedan reconocer en campo las señales de deterioro presentes en los elementos expuestos a los factores externos como las cargas vehiculares, la intemperie y fenómenos naturales como los sismos.

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), publicó un Manual de inspección de puentes destinado al uso de los técnicos e ingenieros encargados en el campo de darle un seguimiento a estos activos del Estado. Este tiene como propósito “*describir los procedimientos y métodos para realizar el inventario de puentes y evaluar su deterioro*” (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2007). Este manual es útil para la inspección e inventario de puentes, alcantarillas, vados, pasos a desnivel inferiores y superiores.

El inventario de puentes realizado mediante ese manual, consta de cinco formularios que contienen información general del puente, detalles de la superestructura y la subestructura, imágenes de los planos de diseño o construcción y fotografías.

En el primer formulario entre otros detalles, se debe especificar el tipo de estructura, el dato de la carga viva de diseño, la longitud total del puente, la especificación estándar con la que se diseñó, el número de tramos en que se divide el puente, el número de subestructura, el tipo de pavimento, el volumen y clasificación vehicular del último conteo realizado, las restricciones de carga, las dimensiones del puente, antecedentes de inspección y rehabilitación, entre otros.

En el segundo formulario, donde se anotan los detalles de la superestructura, se especifican los siguientes puntos: números de tramos de cada superestructura, ubicación de la planta del puente respecto a un eje horizontal, material de las vigas, tipo de superestructura, tipo de vigas principales, longitud total de la superestructura, longitud del tramo máximo de la superestructura, altura de las vigas, tipos de juntas de expansión hallados, material y espesor de la losa, entre otros.

Dentro de los detalles de la subestructura, se incluye información como el tipo, material y altura del bastión y la pila; dimensiones de la columna, tipo y dimensiones de fundación, tipo de pilotes y de apoyos; y anchos de asientos.

Durante la inspección, se califica el grado de deterioro del puente considerando la condición en que se encuentran los elementos que lo comprenden, como los accesorios, la superestructura y subestructura. Estos se evalúan según una escala progresiva.

Para este estudio, es de más interés centrarse en los datos la información general del puente y en los detalles de la superestructura, ya que esta última es la que se verá más afectada por el paso de las cargas vivas.

La aplicación de modelos probabilísticos de deterioro, junto con la inspección de estructuras, constituye una herramienta muy útil en la gestión de mantenimiento de los puentes.

2.4 Regresión lineal

La regresión lineal es una herramienta estadística que se utiliza en el análisis de la relación que se da entre las variables. Se puede utilizar para predicción de fenómenos, en la toma de decisiones, calibración de equipos, entre otra infinidad de usos.

Este tipo de análisis se usa para estudiar la relación entre una variable de interés denominada dependiente o respuesta (Y), y una o más variables explicativas llamadas independientes o predictoras (X). Estas variables deben estar eso sí, dentro de un mismo grupo de unidades observadas. La idea es comprobar en forma estadística si existe esa relación, y si efectivamente ese es el caso, poder expresarlo mediante una ecuación matemática.

Se cuenta con diferentes métodos de regresión de acuerdo al tipo y cantidad de variables. Una de las más elementales es la regresión lineal, esta supone que la relación entre las variables tiene una tendencia lineal.

Dentro de los tipos de regresiones lineales, se conocen la regresión lineal simple y la múltiple, donde esta última involucra a una mayor cantidad de variables. Y es que en algunos estudios para poder predecir un fenómeno complejo se requiere hacer un modelo de regresión que analice muchas variables independientes. Cuando el modelo resulta ser lineal en sus coeficientes, se le llama modelo de regresión lineal múltiple. En el caso en estudio, corresponde analizar los datos mediante este modelo.

Dentro de la regresión lineal múltiple, el modelo matemático que se utiliza para expresar la relación entre la variable dependiente Y , las variables independientes X y el término aleatorio ε , puede ser escrito de la siguiente manera:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots \beta_p * X_p + \varepsilon$$

Ecuación 2-7

De donde se tiene que:

Y	Variable dependiente o variable respuesta
$X_1, X_2, \dots, X_p$	Variables independientes o explicativas
$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$	Parámetros o coeficientes que miden la influencia de las variables independientes sobre las dependientes
ε	Residuo o error aleatorio, debido a variables no controladas

El parámetro de β_0 es el punto donde se origina el modelo, o sea donde la recta interseca con el eje vertical Y; y β_p corresponde a la medición del cambio en la variable Y por cada cambio en la variable X_p , manteniendo eso sí el resto de variables independientes constantes.

Si contamos con una información muestral como se muestra en la siguiente matriz:

y_1	x_{11}	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	x_{1p}
y_2		$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	x_{2p}
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$			$\cdot$
$\cdot$	$\cdot$		$\cdot$		$\cdot$
$\cdot$	$\cdot$			$\cdot$	$\cdot$
y_n	x_{n1}	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	x_{np}

Entonces, se obtiene una expresión matemática del modelo de la siguiente forma:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * x_{i1} + \beta_2 * x_{i2} + \dots \beta_p * x_{ip} + \varepsilon_i$$

Ecuación 2-8

Con el valor de i: 1, 2, ..., n

El objetivo es obtener a partir de la muestra los siguientes estimadores: los coeficientes $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ y la varianza del error σ^2

En el análisis de regresión lineal múltiple se hacen los siguientes supuestos sobre los datos: (Rojo Abuín, 2007)

Linealidad: los valores pertenecientes a la variable dependiente se crean a partir del modelo lineal expresado como: $Y = X*B + U$.

Homocedasticidad: esto indica que todas las perturbaciones tienen la misma varianza: $V(u_i) = \sigma^2$

Independencia: las perturbaciones aleatorias son independientes entre sí $E(u_i * u_j) = 0, \forall i \neq j$.

Normalidad: la distribución de la perturbación aleatoria (ε) tiene distribución normal $U \approx N(0, \sigma^2)$. Esto es que, para cada valor de x , y es una variable aleatoria con distribución normal.

Independencia: Las variables explicativas X_k se obtienen sin errores de medida y son linealmente independientes entre sí.

2.4.1 Estimación de los parámetros en la regresión lineal múltiple

Para la estimación de los coeficientes de regresión de un modelo de regresión lineal múltiple, se utiliza el método de mínimos cuadrados. Con este método se encuentra la recta que mejor se ajusta en el modelo.

La ecuación 2-7, se puede resumir de la siguiente forma:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i$$

Ecuación 2-9

Con el valor de $i : 1, 2, \dots, n$

El método de los mínimos cuadrados consiste en elegir los valores de β de la ecuación 2-7 de tal manera que la suma de los cuadrados de los errores se minimice. La fórmula de los mínimos cuadrados es de la siguiente forma:

$$L = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \left[y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} \right]^2$$

Ecuación 2-10

La función L debe minimizarse con respecto a $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$. Los estimadores de mínimos cuadrados $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$ deben satisfacer

$$\left. \frac{\partial L}{\partial \beta_0} \right|_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k} = -2 \sum_{i=1}^n \left[y_i - \hat{\beta}_0 - \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j x_{ij} \right] = 0$$

Ecuación 2-11

Y también

$$\left. \frac{\partial L}{\partial \beta_j} \right|_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k} = -2 \sum_{i=1}^n \left[y_i - \hat{\beta}_0 - \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j x_{ij} \right] x_{ij} = 0$$

Ecuación 2-12

Para $j = 1, 2, \dots, k$

Simplificando las ecuaciones se obtiene el sistema

$$n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{i1} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{i2} + \cdots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ik} = \sum_{i=1}^n y_i$$

Ecuación 2-13

$$\hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{i1} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{i1}^2 + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2} + \cdots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ik} = \sum_{i=1}^n x_{i1}y_i$$

Ecuación 2-14

$$\hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{ik} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i1} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i2} + \cdots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ik}^2 = \sum_{i=1}^n x_{ik}y_i$$

Ecuación 2-15

Estas ecuaciones se denominan ecuaciones normales de mínimos cuadrados. Hay $p = k+1$ ecuaciones normales, una para cada uno de los coeficientes de regresión desconocidos. La solución de las ecuaciones normales serán los estimadores de mínimos cuadrados de los coeficientes de regresión $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$.

$$y = X\beta + \varepsilon$$

Ecuación 2-16

Donde:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix} \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad y \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

La variable y es un vector de $(n \times 1)$ que corresponde a las observaciones, X es una matriz $(n \times k)$ de los niveles de las variables independientes, β es un vector $(k \times 1)$ de los coeficientes de regresión y ε es un vector $(n \times 1)$ de los errores aleatorios. Se quiere obtener el estimador de los estimadores mínimos cuadrados $\hat{\beta}$, que minimice la expresión:

$$L = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon^T \varepsilon = (y - X\beta)^T (y - X\beta) = y^T y - 2\beta^T X^T y + \beta^T X^T X \beta$$

Ecuación 2-17

Ya que $\beta^T X^T y$ es una matriz (1×1) , o sea un escalar, y su transpuesta $(\beta^T X^T y)^T = y^T X \beta$ es el mismo escalar. Los estimadores de mínimos cuadrados deben satisfacer que

$$\left. \frac{\partial L}{\partial \beta_0} \right|_{\hat{\beta}} = -2X^T y + 2X^T X \hat{\beta}$$

Ecuación 2-18

Ecuación que se simplifica a:

$$X^T X \hat{\beta} = X^T y$$

Ecuación 2-19

La ecuación 2-19, es la forma matricial de las ecuaciones normales de mínimos cuadrados, que es igual a la ecuación 2-12. Con el fin de resolver las ecuaciones normales, ambos lados de la ecuación 2-19 se multiplican por la inversa de $X^T X$. De esa manera el estimador de mínimos cuadrados de β es:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y$$

Ecuación 2-20

Desarrollando, se tiene que la forma matricial de las ecuaciones normales es igual a la forma escalar. Al desarrollar la ecuación 18 se tiene que:

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_{i1} & \sum_{i=1}^n x_{i2} & \dots & \sum_{i=1}^n x_{ik} \\ \sum_{i=1}^n x_{i1} & \sum_{i=1}^n x_{i1}^2 & \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2} & \dots & \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ik} \\ \sum_{i=1}^n x_{i2} & \sum_{i=1}^n x_{i2}x_{i1} & \sum_{i=1}^n x_{i2}^2 & \dots & \sum_{i=1}^n x_{i2}x_{ik} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_{ik} & \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i1} & \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i2} & \dots & \sum_{i=1}^n x_{ik}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_{i1}y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_{ik}y_i \end{bmatrix}$$

Si se hace la multiplicación matricial indicada, se obtiene la forma escalar de las ecuaciones normales. A partir de ahí se nota que $X^T X$ es una matriz simétrica ($p \times p$) y que $X^T y$ es un vector columna ($p \times 1$). Es importante indicar que los elementos de la diagonal $X^T X$ son las sumas de los cuadrados de los elementos de las columnas de X , y los elementos que no están en la diagonal son las sumas de los productos cruzados de los elementos de las columnas de X . Asimismo, los elementos de $X^T y$ son las sumas de los productos cruzados de las columnas de X y las observaciones $\{y_i\}$.

Por lo tanto, el modelo de regresión ajustado es:

$$\hat{y} = X \hat{\beta}$$

Ecuación 2-21

Y en notación escalar, el modelo es:

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j x_{ij}$$

Ecuación 2-22

Donde $i = 1, 2, \dots, n$

La diferencia entre la observación real y_i y el valor ajustado que corresponde a $\hat{y}_i$ el residuo, es decir $e = y_i - \hat{y}_i$. El vector ($n \times 1$) de los residuales se denota por:

$$e = y - \hat{y}$$

Ecuación 2-23

2.4.2 Estimación de la varianza σ^2

$$SS_E = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n e_i^2 = e^T e = SS_{Res}$$

Si se substituye $e = y - X\hat{\beta}$ se obtiene la ecuación:

$$SS_{Res} = (y - X\hat{\beta})^T (y - X\hat{\beta}) = y^T y - 2\hat{\beta}^T X^T y + \hat{\beta}^T X^T X \hat{\beta}$$

Pero como $X^T X \hat{\beta} = X^T y$ entonces la ecuación se transforma en:

$$SS_{Res} = y^T y - \hat{\beta}^T X^T y$$

Ecuación 2-24

Debido a que en el modelo de regresión se estiman p parámetros, y además la suma de los cuadrados de residuales tiene $n-p$ grados de libertad, entonces el cuadrado medio residual es:

$$\sigma^2 = \frac{SS_{Res}}{n - p}$$

Ecuación 2-25

2.4.3 Prueba de hipótesis en la regresión lineal múltiple

2.4.3.1 Prueba de significancia de la regresión

Mediante la prueba de significancia de la regresión se determina si existe una relación lineal entre la variable respuesta y un conjunto de las variables de regresión $x_1, x_2, \dots, x_k$. Las hipótesis utilizadas son las siguientes:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0 \text{ para al menos una } j$$

El rechazo de $H_0: \beta_j = 0$ significa que por lo menos una de las variables independientes x_k contribuye en forma significativa al modelo. La forma en que se prueba es una forma general del que se usa en la regresión lineal simple. La suma total de los cuadrados S_{yy} se puede descomponer en una suma de cuadrados debida a la regresión y en otra suma de cuadrados atribuida al error (Hines & Montgomery, 1996):

$$S_{yy} = SS_R + SS_E$$

Para probar si $H_0: \beta_j = 0$, se calcula

$$F_o = \frac{SS_R/k}{SS_E/(n-k-1)} = \frac{MS_R}{MS_E}$$

Ecuación 2-26

Y se rechaza si el valor calculado del estadístico de prueba es mayor que el valor teórico de la distribución F a un determinado nivel de confianza.

La prueba de significancia de la regresión lineal se hace mediante un análisis de varianza, partiendo a partir de las siguientes fórmulas (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012):

Suma de los cuadrados de la regresión:

$$SS_R = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

Ecuación 2-27

Suma de los cuadrados de los errores:

$$SS_E = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Ecuación 2-28

Suma de los cuadrados totales:

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Ecuación 2-29

Media de los cuadrados de la regresión:

$$MS_R = \frac{SS_R}{k-1}$$

Media de los cuadrados de los errores:

$$MS_E = \frac{SS_E}{n - k}$$

Ecuación 2-30

Se rechaza la hipótesis nula H_0 si el estadístico de prueba $F_O > F_{\alpha, k, n-k-1}$. De donde α es el nivel de confianza.

El procedimiento se resume en la siguiente tabla:

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F _o
Regresión	SS _R	k	MS _R	MS _R / MS _E
Error o residuo	SS _E	n-k-1	MS _E	
Total	S _{yy}	n-1		

Fuente: Hines, W. *Probabilidad y estadística para ingeniería y administración*. 1996

Si se rechaza la hipótesis nula mediante el estadístico F, se podrían requerir más pruebas para confirmar que la relación encontrada es significativa. Para eso se requieren más pruebas como la de significancia sobre los coeficientes.

2.4.3.2 Prueba de coeficientes individuales de regresión

Las hipótesis de prueba en los coeficientes individuales de una regresión, permiten determinar el valor de cada una de las variables independientes dentro del modelo de regresión. Esto se realiza para valorar si el modelo mejora al incluir variables adicionales, o por el contrario cuando se omiten del modelo. “La adición de una variable al modelo de regresión siempre ocasiona que la suma de los cuadrados para la regresión aumente y que la suma de cuadrados del error disminuya”. (Hines & Montgomery, 1996).

La hipótesis para la prueba de significación de cualquier coeficiente de regresión individual, es:

$$H_0: \beta_j = 0$$

$$H_0: \beta_j \neq 0$$

Si $H_0: \beta_j = 0$ no se rechaza, entonces significa que x_j puede ser eliminada del modelo. La estadística de prueba utilizada para esa hipótesis es:

$$t_o = \frac{\hat{\beta}_j}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 C_{jj}}}$$

Ecuación 2-31

De donde C_{jj} es el elemento de la diagonal de la matriz de varianzas y covarianzas $(X'X)^{-1}$ que corresponde a $\hat{\beta}_j$. La hipótesis nula $H_0: \beta_j = 0$ se rechaza si $|t_0| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1}$

Es importante indicar que esta es una prueba parcial, ya que el coeficiente de regresión $\hat{\beta}_j$ depende del resto de variables regresoras que están consideradas dentro del modelo.

2.4.4 Coeficiente de determinación múltiple

El R^2 es el porcentaje de variación en la respuesta que es explicado por el modelo. Es una forma de medir el grado de reducción en la variabilidad de y obtenida a partir de las variables regresivas $x_1, x_2, \dots, x_k$ (Hines & Montgomery, 1996). Se calcula como 1 menos la relación de la suma de los cuadrados del error (que es la variación que no es explicada por el modelo) a la suma total de los cuadrados (que corresponde a la variación total en el modelo).

$$R^2 = 1 - \frac{SS_E}{SS_T}$$

Ecuación 2-32

Los valores del R^2 oscilan entre cero (para un pésimo ajuste) y 1 (con el máximo ajuste). Este porcentaje expresa la proporción de varianza de la variable respuesta o dependiente que es explicada por la variable independiente.

Sin embargo, en el R^2 no se castiga cuando se agregan variables independientes que no son significativas. En otras palabras, si a un modelo se le agregan variables explicativas que tienen muy poca relación con el tema en estudio, el R^2 aumentará. Por esa razón muchos especialistas no consideran a este indicador un buen parámetro para representar la bondad de ajuste real.

2.4.4.1 Coeficiente de determinación ajustado

El R cuadrado ajustado o corregido, es una corrección a la baja del R^2 de acuerdo al número de observaciones y de variables explicativas involucradas en el modelo. Mide el porcentaje de varianza en la respuesta, explicada mediante las variables de entrada en el modelo.

$$R_{ajust}^2 = 1 - \frac{\frac{SS_E}{(n-k)}}{\frac{SS_T}{(n-1)}}$$

Ecuación 2-33

En la ecuación anterior, n es el total de observaciones y k el de variables en el modelo, $(n-k)$ corresponde a los grados de libertad de los residuos y $(n-1)$ los grados de libertad del modelo.

Otra forma de poder mostrar la ecuación es de la siguiente manera:

$$R_{ajust}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-k-1} [1 - R^2]$$

El R^2 estima de forma muy optimista el ajuste de la regresión lineal, ya que tiende a aumentar cuantas más variables independientes se incluyen en el modelo. En cambio, el R^2 ajustado prácticamente castiga cuando se agregan términos al modelo. Especialmente si son regresores o variables independientes que no ayudan al modelo. (Montgomery & Runger, 2003).

2.4.5 Definiciones utilizadas en las tablas de análisis del programa Minitab

Con el propósito de comprender e interpretar los cuadros con los resultados que despliega el programa de Minitab, se adjuntan tres tablas con los significados para el análisis de varianza, resumen del modelo y cuadro de coeficientes.

Tabla 7: Definiciones utilizadas en el cuadro de Análisis de Varianza

PARÁMETROS USADOS EN MINITAB	INTERPRETACIÓN
SC Ajustados para el modelo	La suma ajustada de los cuadrados para el modelo es la diferencia entre la suma total de los cuadrados y la suma de los cuadrados del error del modelo en comparación con un modelo que solo utilice la media de la respuesta. Es la suma de todas las sumas secuenciales de los cuadrados para los términos incluidos en el modelo.
SC Ajustados para un término	Es el aumento en la suma de cuadrados del modelo en comparación de un modelo que solo tenga los otros términos. Cuantifica la cantidad de variación en los datos de respuesta que explica el término.
SC Ajustados para el error	La suma ajustada de los cuadrados para el error es la suma de los residuos cuadráticos. Cuantifica la variación en los datos que los predictores no explican.
SC Ajustados para el error puro	La suma ajustada de los cuadrados del error puro es parte de la suma de los cuadrados del error. La suma de los cuadrados del error puro existe cuando existen los grados de libertad para el error puro
SC Ajustado total	La suma total ajustada de los cuadrados es la suma de la suma de los cuadrados del modelo y la suma de los cuadrados del error. Cuantifica la variación total en los datos.
Cuadrados medios ajustados (CM Ajust)	Miden qué tanta variación explica un término o un modelo, asumiendo que todos los demás términos están en el modelo, independientemente de su orden en el modelo. Minitab utiliza los cuadrados medios ajustados para calcular los valores p en la tabla ANOVA. También utiliza los cuadrados medios ajustados para calcular el estadístico de R^2 ajustado.
Valor F para el modelo	El valor F es el estadístico de prueba usado para determinar si cualquier término en el modelo está asociado con la respuesta, incluidos bloques y términos de factores.
Valor F para términos individuales	El valor F es el estadístico de prueba usado para determinar si el término está asociado con la respuesta
Valor de F para la prueba de falta de ajuste	El valor F es el estadístico de prueba usado para determinar si al modelo le están faltando términos que incluyan los factores en el experimento. Si se eliminan bloques del modelo mediante un procedimiento escalonado, entonces la prueba de falta de ajuste incluye también estos términos.

PARÁMETROS USADOS EN MINITAB	INTERPRETACIÓN
Valor p del modelo	El valor p es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula. Las probabilidades más bajas proporcionan una evidencia más fuerte en contra de la hipótesis nula. Valor $p \leq \alpha$: El modelo explica la variación en la respuesta Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, usted concluye que el modelo explica la variación en la respuesta. Valor $p > \alpha$: No hay suficiente evidencia para concluir que el modelo explica la variación en la respuesta Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, usted no puede concluir que el modelo explica la variación en la respuesta. Convendría que ajuste un nuevo modelo.
Valor p – Falta de ajuste	Para determinar si el modelo especifica correctamente la relación entre la respuesta y los predictores, compare el valor p de la prueba de falta de ajuste con el nivel de significancia para evaluar la hipótesis nula. La hipótesis nula para la prueba de falta de ajuste es que el modelo especifica correctamente la relación entre la respuesta y los predictores. Valor $p \leq \alpha$: La falta de ajuste es estadísticamente significativa Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, concluye que el modelo no especifica correctamente la relación. Para mejorar el modelo, posiblemente tenga que agregar términos o transformar los datos. Valor $p > \alpha$: La falta de ajuste no es estadísticamente significativa Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, la prueba no detecta ninguna falta de ajuste.

Fuente: : <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/regression>

Tabla 8: Definiciones utilizadas en el cuadro de Resumen del modelo

PARÁMETROS USADOS EN MINITAB	INTERPRETACIÓN
Distancia S	El valor de S evalúa qué tan bien el modelo describe la respuesta. S se mide en las unidades de la variable de respuesta y representa la desviación estándar de la separación entre los valores de datos y los valores ajustados. Mientras más bajo sea el valor de S, mejor será descrita la respuesta por el modelo
R cuadrado	Utilice el R2 para determinar qué tan bien se ajusta el modelo a los datos. Mientras mayor sea el valor de R2, mejor se ajustará el modelo a los datos. El R2 siempre está entre 0% y 100%.
R cuadrado ajustado	Utilice el R2 ajustado cuando desee comparar modelos que tengan diferentes números de predictores. El R2 siempre aumenta cuando se agrega un predictor al modelo, incluso cuando no haya una mejora real en el modelo. El valor de R2 ajustado incorpora el número de predictores del modelo para ayudar a elegir el modelo correcto.
Ru cuadrado (pred)	El R2 pronosticado determina qué tan bien el modelo predice la respuesta para nuevas observaciones. Los modelos que tienen valores más grandes de R2 pronosticado tienen mejor capacidad de predicción.

PARÁMETROS USADOS EN MINITAB	INTERPRETACIÓN
Coeficiente	El coeficiente para un término representa el cambio en la respuesta media asociado con un aumento de una unidad codificada en ese término, mientras los otros términos se mantienen constantes. El signo del coeficiente indica la dirección de la relación entre el término y la respuesta.
EE del coeficiente	El error estándar del coeficiente estima la variabilidad entre las estimaciones del coeficiente que se obtendría si las muestras se tomaran de la misma población una y otra vez. El cálculo presupone que el diseño experimental y los coeficientes que se estimarán se mantendrían iguales si se tomara la muestra una y otra vez. Este se usa para medir la precisión de la estimación del coeficiente. Cuanto menor sea el error estándar, más precisa será la estimación. Al dividir el coeficiente entre su error estándar, se calcula un valor t. Si el valor p asociado con este estadístico t es menor que el nivel de significancia, usted concluye que el coeficiente es estadísticamente significativo.
Estadístico t	El valor t mide la relación entre el coeficiente y su error estándar. Minitab utiliza el valor t para calcular el valor p, que se utiliza para comprobar si el coeficiente es significativamente diferente de 0. Usted puede utilizar el valor t para determinar si puede rechazar la hipótesis nula. Sin embargo, el valor p se utiliza con más frecuencia, porque el valor umbral para el rechazo de la hipótesis nula no depende de los grados de libertad.
Valor p del coeficiente	Para determinar si un coeficiente es $\neq 0$, compare el valor p del término con su nivel de significancia para evaluar la hipótesis nula. La hipótesis nula es que el coeficiente es igual a 0, lo que implica que no hay asociación entre el término y la respuesta. Valor $p \leq \alpha$: La asociación es estadísticamente significativa Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, usted puede concluir que hay una asociación estadísticamente significativa entre la variable de respuesta y el término. Valor $p > \alpha$: La asociación no es estadísticamente significativa Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, usted no puede concluir que existe una asociación estadísticamente significativa entre la variable de respuesta y el término. Le convendría reajustar el modelo sin el término. Si el coeficiente de un término lineal es estadísticamente significativo, usted puede concluir que el coeficiente no es igual a 0.
FIV	El factor de inflación de la varianza (FIV) indica cuánto aumentó la varianza de un coeficiente a causa de las correlaciones entre los predictores en el modelo. Describe cuánta multicolinealidad existe en un modelo. La ausencia de multicolinealidad simplifica la determinación de significancia estadística. Puede interpretar el FIV de la siguiente manera: • Si FIV es igual a 1, no hay correlación entre los predictores • Si el valor de FIV está en un valor mayor a 1, pero menor a 5, están moderadamente correlacionados • Si FIV es mayor que 5, hay una alta correlación

Fuente: : <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/regression>

Tabla 9: Definiciones utilizadas en el cuadro de Coeficientes

PARÁMETROS USADOS EN MINITAB	INTERPRETACIÓN
Coeficiente	El coeficiente para un término representa el cambio en la respuesta media asociado con un aumento de una unidad codificada en ese término, mientras los otros términos se mantienen constantes. El signo del coeficiente indica la dirección de la relación entre el término y la respuesta.
EE del coeficiente	El error estándar del coeficiente estima la variabilidad entre las estimaciones del coeficiente que se obtendría si las muestras se tomaran de la misma población una y otra vez. El cálculo presupone que el diseño experimental y los coeficientes que se estimarán se mantendrían iguales si se tomara la muestra una y otra vez. Este se usa para medir la precisión de la estimación del coeficiente. Cuanto menor sea el error estándar, más precisa será la estimación. Al dividir el coeficiente entre su error estándar, se calcula un valor t. Si el valor p asociado con este estadístico t es menor que el nivel de significancia, usted concluye que el coeficiente es estadísticamente significativo.
Estadístico t	El valor t mide la relación entre el coeficiente y su error estándar. Minitab utiliza el valor t para calcular el valor p, que se utiliza para comprobar si el coeficiente es significativamente diferente de 0. Usted puede utilizar el valor t para determinar si puede rechazar la hipótesis nula. Sin embargo, el valor p se utiliza con más frecuencia, porque el valor umbral para el rechazo de la hipótesis nula no depende de los grados de libertad.
Valor p del coeficiente	Para determinar si un coeficiente es $\neq 0$, compare el valor p del término con su nivel de significancia para evaluar la hipótesis nula. La hipótesis nula es que el coeficiente es igual a 0, lo que implica que no hay asociación entre el término y la respuesta. Valor $p \leq \alpha$: La asociación es estadísticamente significativa Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, usted puede concluir que hay una asociación estadísticamente significativa entre la variable de respuesta y el término. Valor $p > \alpha$: La asociación no es estadísticamente significativa Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, usted no puede concluir que existe una asociación estadísticamente significativa entre la variable de respuesta y el término. Le convendría reajustar el modelo sin el término. Si el coeficiente de un término lineal es estadísticamente significativo, usted puede concluir que el coeficiente no es igual a 0.
FIV	El factor de inflación de la varianza (FIV) indica cuánto aumentó la varianza de un coeficiente a causa de las correlaciones entre los predictores en el modelo. Describe cuánta multicolinealidad existe en un modelo. La ausencia de multicolinealidad simplifica la determinación de significancia estadística. Puede interpretar el FIV de la siguiente manera: • Si FIV es igual a 1, no hay correlación entre los predictores • Si el valor de FIV está en un valor mayor a 1, pero menor a 5, están moderadamente correlacionados • Si FIV es mayor que 5, hay una alta correlación

Fuente: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/regression>

CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se pretende desarrollar en este estudio es básicamente correlacional. Los estudios correlacionales tienen como fin analizar la relación entre una cierta cantidad de variables (Hernández Sampieri, 2014). En los estudios correlacionales se cuantifica la dependencia o vinculación entre las variables midiendo cada una por separado.

El propósito de este trabajo es poder tener una idea o predecir cómo se puede comportar una variable, conociendo cómo se relaciona ante variantes externas a la que se ve expuesta.

En el caso en estudio, se pretende conocer la relación entre el tránsito promedio diario, a través del volumen y su porcentaje de vehículos pesados, con los daños que se pueden apreciar en los puentes a través del tiempo.

Sin embargo, el hecho de que para poder conocer la correlación entre ciertas variables implica necesariamente que se deban conocer las características y rasgos importantes que describen a las variables involucradas. De ahí la razón por la que esta investigación involucra al estudio descriptivo. El estudio descriptivo busca especificar las características, propiedades y rasgos importantes de un objeto o fenómeno que se someta a análisis. (Hernández Sampieri, 2014).

3.2 Fuentes y sujetos de información

Se obtendrá información de fuentes primarias, por medio de aforos de volumen de tránsito en diferentes puntos a lo largo de la Ruta 39. Esta información consiste en conteos obtenidos de cinco diferentes puntos a lo largo de la ruta, por medio de equipos de radar instalados por el MOPT.

Se trabajará también con fuentes secundarias, como por ejemplo reportes con resultados de investigaciones realizados en temas similares o que permitan al investigador tener una idea de desarrollo de este estudio. Asimismo, con manuales y proyectos de tesis de maestría y doctorado que den al estudiante una guía en el tema.

En fuentes terciarias, se trabajará con el servicio brindado por el Sistema de Bibliotecas del Tecnológico de Costa Rica, el cual provee acceso a bases de datos de bibliotecas de muchas universidades del mundo y al mismo repositorio de documentos del TEC.

Los puentes de la ruta 39 o Circunvalación, son los sujetos de información de este estudio, para los cuales se recabará información previa e histórica de los puentes y se realizará inventarios para obtener información actualizada de la condición de los puentes respecto a la histórica disponible. De igual manera, de la misma vía se obtendrá la información de tránsito que permitiría relacionar las variables en estudio, a través de información recabada y disponible en el MOPT, así como de información obtenida de los radares en el sitio.

3.3 Técnicas e instrumentos de investigación

Dentro de las técnicas de investigación, se realizará lo siguiente:

Se trabajará con el formulario de inventario e inspección de puentes, propuesto dentro del Manual de inspección de puentes del MOPT. Esto es con el fin de actualizar la información de inventarios hechos en el pasado por el programa e-Bridge. Los inventarios se actualizarán mediante visitas de campo, donde se aplicará la metodología indicada por el manual.

Se utilizará también información ya recopilada del MOPT en lo que respecta a información de tránsito. Esta consistirá de información continua de los vehículos que transitan por las estaciones de conteo de radar. Además, se buscará información histórica de tránsito promedio diario en los archivos y bases de datos del MOPT. El propósito de la información histórica es crear las curvas de crecimiento de las secciones donde están ubicados los puentes.

Mediante herramientas informáticas, como el Minitab 18, se probará estadísticamente las variables involucradas dentro del estudio.

3.4 Procesamiento y análisis de datos

La información se analizará de la siguiente manera, utilizando en algunas etapas métodos estadísticos a través de programas informáticos:

3.4.1 Información del tránsito que pasa por la ruta 39:

Determinar el tránsito promedio diario de cada una de las estaciones. Se utilizará la información obtenida de las estaciones permanentes de radar, obteniendo el tránsito promedio diario a través de la metodología propuesta por la Guía de Monitoreo de Tráfico (*Traffic Monitoring Guide* del año 2016). Se revisan los datos y se descartan los que estén distorsionados. Se promedian los datos de volumen para obtener el tránsito promedio a lo largo del año. Las estaciones de donde se obtienen los datos, operan continuamente recopilando diversa información del tránsito.

Obtención del porcentaje de camiones con respecto al volumen total del tránsito. Con los datos arrojados por cada una de las estaciones de radar y utilizando métodos estadísticos, se inferirá el porcentaje de vehículos pesados.

Porcentaje de crecimiento vehicular con respecto a un año base. Se utilizarán las curvas de crecimiento logístico para pronosticar el crecimiento del tránsito en la Ruta 39, a partir de la información histórica disponible de TPD y complementarla con los datos de las estaciones de radar disponibles a partir de su puesta en operación. Por medio de esas curvas se obtendrán las tasas de crecimiento y se podrá pronosticar el momento en que los tramos de carretera en estudio llegarán a su saturación. Debido a que hay vacíos de información histórica, se inferirá a partir de la curva anterior la cantidad de tránsito en los primeros años de operación de los puentes. Se utiliza estadística descriptiva en esta etapa.

Validación de los datos por métodos estadísticos. Mediante la herramienta Minitab 18, se verifica la normalidad de los datos obtenidos de las estaciones de radar.

3.4.2 Información obtenida de los inventarios:

Actualización del inventario de puentes. Se realizará un nuevo registro de inventario mediante una visita a cada uno de los puentes de la ruta 39, con el fin de actualizar la condición de las estructuras utilizando la metodología del Manual de Inspección de Puentes del MOPT.

Comparación con inventarios anteriores. Se analizarán los resultados obtenidos en el levantamiento recién hecho con respecto al último realizado en el programa e-bridge del Tecnológico de Costa Rica, con el fin de comparar el avance en los daños documentados.

Mediante los indicadores de valor dado a los diferentes daños del puente, se escogen por lo menos cuatro de los elementos que componen la superestructura, para analizar el avance del daño y que son de fácil identificación. Esos elementos son: losa del puente, juntas de expansión, apoyos y vigas.

3.4.3 Correlación y análisis de los datos.

Análisis por medio de una regresión lineal. Con la información obtenida del tránsito promedio diario y los indicadores de daños de cada uno de los puentes, se buscará obtener una relación mediante una regresión lineal múltiple. Con ese propósito se construirá una matriz con esos datos y se probará en el programa informático de estadística, el cual obtendrá las ecuaciones de regresión.

Pronóstico de daños. Una vez obtenida la correlación entre los datos y con las tasas de crecimiento, se buscará proyectar el tránsito de manera que se pueda obtener un pronóstico de los daños que podrían sufrir los puentes.

3.5 Resumen de la metodología utilizada

A continuación, en la Figura 14 se muestra un diagrama con las diferentes etapas del proyecto y justamente debajo, en un cuadro gris, el instrumento utilizado para desarrollarlo.



Figura 15: Resumen de los métodos utilizados en las etapas del proyecto. Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

En la presente sección se muestran los resultados de la correlación entre la variable resultado con las variables predictoras mediante un análisis de regresión múltiple. Particularmente es de interés analizar si es posible con los datos obtenidos poder predecir a partir de un TPD los tipos de daños que se podrían presentar en un puente. Los predictores corresponden en este caso a la condición de los puentes definidos mediante las variables de daño.

Primeramente, se presentarán los resultados obtenidos de la inspección en cada uno de los puentes, a partir de los cuales se obtuvieron los indicadores de la condición estructural de la superestructura. Asimismo, se expondrán los resultados de los datos recopilados por las estaciones de radar, lo que da una idea de la característica del tránsito que fluye por la vía que circunvala San José a través de la ruta 39.

Posteriormente, se muestran los resultados de la capacidad de saturación de cada una de las secciones donde están ubicados los puentes a partir de la cual se obtiene la curva de crecimiento logístico con la cual se podrían rellenar eventualmente los vacíos de tránsito a lo largo de los años anteriores.

Por último, se mostrarán los resultados que arroja la correlación realizada con los datos anteriores.

4.1 Inventarios de la condición de los puentes

4.1.1 Descripción de los puentes parte del estudio

Tabla 10: Características de los puentes de la ruta de circunvalación

NOMBRE PUENTE	Año	Observación	Long. Total (m)	Nº de tramos	Pend long (%)	Alt libre vert inf (m)	Ancho tot (m)	Ancho calzada (m)	Alin planta	Material
P.S.S.R.1	1994	Año que entra en operación	30.6	1	0	5	19.16	16.2	sesgado	concreto preesforzado
P.S.S.R.N. 27	1990	Año que entra en operación	40	2	0	5.05	26.3	23.5	Recta	concreto preesforzado
R. María Aguilar A	2013	Fecha de diseño y entra operar en 2014	75	3	1.32	17.5	14.9	12.8	Recta	concreto preesforzado
R. María Aguilar B	2013	Fecha de diseño y entra operar en 2014	76.3	3	1.25	17.5	14.9	12.8	Recta	concreto preesforzado
P.S.S.R.N. 177	2009	Año que entra en operación	11.1	1	0	7.14	32.5	23.75	Recta	concreto preesforzado
P.S.S.R.N.110 A	2009	Fecha de diseño	210	5	0	5.6	23.69	22.48	Recta	concreto preesforzado
P. S. S. R. N .209 (A)	2002	Año que entra en operación	231.75	9	0	5.26	9.18	8.58	Curvo	concreto preesforzado
P. S. S. R. N. 209 (B)	2002	Año que entra en operación	231.75	9	0	5.06	9.18	8.58	Curvo	concreto preesforzado
P.S.S.R.2 (A)	1982	Año que entra en operación	167.7	7	0	4.86	9.31	8.59	Curvo	concreto preesforzado

Fuente: Información de puentes tomada programa eBridge. Información de año de diseño y entrada en operación obtenido del Departamento de Puentes del MOPT

Los puentes tienen pocos años de haberse construido, siendo el más antiguo el de la rotonda de la Hispanidad (PSSR 2), seguido por el puente sobre la ruta 1 que tiene 24 años de antigüedad. Los demás tienen entre 16 y 4 años de haber sido construidos. Todos son hechos de concreto con elementos preesforzados.

Hay una gran variabilidad en su longitud, siendo los más largos los que cruzan encima de la ruta 209, ruta 110 y el puente sobre la ruta 2.

Casi todos los puentes sirven como paso a desnivel, para salvar una ruta que pasa debajo de ella. Únicamente el puente sobre el río María Aguilar sirve para darle continuidad a la ruta de circunvalación ante el paso del río. Los puentes sobre las rutas 2, 209 y 110 pasan encima de rotondas, es por esta razón que estos puentes presentan mayor longitud.

Tabla 11: Características estructurales de los puentes de la ruta de circunvalación

NOMBRE PUENTE	Superestruct	Tipo	Tramo máx. (m)	Nº Vigas	Altura viga (m)	Tipo junta inicio	Tipo junta final	Losa (material)	Espesor losa (m)
P.S.S.R.1	viga simple	viga T	30.6	7	1.65	junta sellada	junta sellada	concreto	0.2
P.S.S.R.N. 27	viga continua	otros	20	16	0.85	NA	NA	concreto	0.15
R. María Aguilar A	viga continua	viga T	27	7	1.22	junta sellada	junta sellada	concreto	0.175
R. María Aguilar B	viga continua	viga T	27	7	1.22	junta sellada	junta sellada	concreto	0.175
P.S.S.R.N. 177	viga simple	viga T	11.1	15	0.44	NA	NA	concreto	0.3
P.S.S.R.N.110 A	viga continua	viga I	48	9	1.92	Junta placas dentadas	Junta placas dentadas	concreto	0.2
P. S. S. R. N .209 (A)	viga continua	viga I	31.38	4	1.676	junta sellada	junta sellada	concreto	0.22
P. S. S. R. N. 209 (B)	viga continua	viga I	30.75	4	1.676	junta sellada	junta sellada	concreto	0.25
P.S.S.R.2 (A)	viga continua	viga I	30.62	4	1.55	Junta placas dentadas	Junta placas dentadas	concreto	0.21

Fuente: realización propia del autor. Información de los puentes tomada del programa eBridge.

La totalidad de los puentes están compuestos de losa de concreto con espesores de un mínimo de 15 cm y hasta 30 cm. La superestructura es de viga simple o continua. Las juntas (hasta donde ha sido posible observarlas), constan de juntas selladas o juntas de placas dentadas. El paso sobre la Ruta 177 no tiene juntas, debido al tipo de estructura del puente.

4.1.2 Inspección de los puentes

El día 26 de agosto del 2017 se hace una inspección a cada uno de los 9 puentes que forman parte de este proyecto de investigación, con el fin de poder conocer y registrar el avance de los daños en la estructura y poder insertarlos dentro del análisis que tiene como objetivo este estudio.

A continuación, se muestran los cuadros con las comparaciones entre el inventario hecho por el programa e-Bridge y el que se realizó en ese mes. Los datos mostrados en las tablas corresponden a la resta entre el valor o indicador obtenido en el reciente levantamiento, contra el inventario

realizado hace unos años. No se cuenta con números negativos ya que, al no haber intervenciones registradas en el mantenimiento de los puentes, las condiciones de la estructura no han mejorado. Esto se hace con el fin de visualizar de una manera más fácil los valores que han cambiado entre la primera y última inspección.

Tabla 12: Comparación de las condiciones del pavimento de los puentes ruta 39

N.º	NOMBRE PUENTE	1. PAVIMENTO				
		1. ONDULACIÓN	2. SURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECAPAS DE ASFALTO
1	P.S.S.R.1	-	-	-	-	-
2	P.S.S.R.N. 27	0	1	1	1	0
3	R. María Aguilar A	0	1	0	0	0
	R. María Aguilar B	0	1	0	0	0
4	P.S.S.R.N. 177	0	0	0	0	0
5	P.S.S.R.N.110	-	-	-	-	-
6	P. S. S. R. N .209 (A)	-	-	-	-	-
	P. S. S. R. N. 209 (B)	-	-	-	-	-
7	P.S.S.R.2 (A)	-	-	-	-	-

Fuente: realización propia del autor

Tabla 13: Comparación de las condiciones de la baranda de acero de los puentes de la ruta 39

N.º	NOMBRE PUENTE	2. BARANDA (ACERO)			
		1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE
1	P.S.S.R.1	-	-	-	-
2	P.S.S.R.N. 27	-	-	-	-
3	R. María Aguilar A	0	0	0	0
	R. María Aguilar B	0	1	0	0
4	P.S.S.R.N. 177	-	-	-	-
5	P.S.S.R.N.110	-	-	-	-
6	P. S. S. R. N .209 (A)	-	-	-	-
	P. S. S. R. N. 209 (B)	-	-	-	-
7	P.S.S.R.2 (A)	-	-	-	-

Fuente: realización propia del autor

Tabla 14: Comparación de la condición de la baranda de concreto en los puentes de la ruta 39

N.º	NOMBRE PUENTE	3. BARANDA (CONCRETO)		
		1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTANTE
1	P.S.S.R.1	0	1	0
2	P.S.S.R.N. 27	0	0	0
3	R. María Aguilar A	-	-	-
	R. María Aguilar B	-	-	-
4	P.S.S.R.N. 177	0	0	0
5	P.S.S.R.N.110	0	0	0
6	P. S. S. R. N .209 (A)	0	0	0
	P. S. S. R. N. 209 (B)	0	0	0
7	P.S.S.R.2 (A)	0	0	0

Fuente: realización propia del autor

Tabla 15: Comparación de la condición de la junta de expansión

N.º	NOMBRE PUENTE	4. JUNTA DE EXPANSIÓN					
		1. SONIDOS EXTRAÑOS	2. FILTRACIÓN DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUÍDAS	6. ACERO DE REFUERZO
1	P.S.S.R.1	2	0	3	1	0	3
2	P.S.S.R.N. 27	-	0	-	-	0	-
3	R. María Aguilar A	0	0	0	0	0	0
	R. María Aguilar B	0	0	0	0	0	0
4	P.S.S.R.N. 177	-	-	-	-	-	-
5	P.S.S.R.N.110	0	2	0	0	0	0
6	P. S. S. R. N .209 (A)	2	1	0	1	1	1
	P. S. S. R. N. 209 (B)	0	0	0	0	0	0
7	P.S.S.R.2 (A)	1	1	1	0	1	1

Fuente: realización propia del autor

Tabla 16: Comparación de la condición de la losa

Nº	NOMBRE PUENTE	5. LOSA						
		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DIRECCIONES DOS	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. AGUJEROS
1	P.S.S.R.1	0	0	0	0	0	0	0
2	P.S.S.R.N. 27	2	1	1	1	1	2	1
3	R. María Aguilar A	0	0	0	0	0	0	0
	R. María Aguilar B	0	0	0	0	0	0	0
4	P.S.S.R.N. 177	0	0	0	0	0	0	0
5	P.S.S.R.N.110	0	0	0	0	0	0	0
6	P. S. S. R. N .209 (A)	0	0	1	0	0	0	0
	P. S. S. R. N. 209 (B)	0	0	1	0	0	0	0
7	P.S.S.R.2 (A)	0	0	1	0	0	1	0

Fuente: realización propia del autor

Tabla 17: Comparación de la condición de la viga principal de concreto en los puentes de la Ruta 39

Nº	NOMBRE PUENTE	9. VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO					
		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
1	P.S.S.R.1	1	0	0	0	0	0
2	P.S.S.R.N. 27	2	0	0	0	0	0
3	R. María Aguilar A	0	0	0	0	0	0
	R. María Aguilar B	0	0	0	0	0	0
4	P.S.S.R.N. 177	1	0	0	0	0	0
5	P.S.S.R.N.110	0	0	0	0	0	0
6	P. S. S. R. N .209 (A)	1	0	0	0	0	1
	P. S. S. R. N. 209 (B)	0	0	0	0	0	0
7	P.S.S.R.2 (A)	1	0	0	0	0	2

Fuente: realización propia del autor

Tabla 18: Comparación de la condición de la viga diafragma de los puentes de la Ruta 39

Nº	NOMBRE PUENTE	10. VIGA DIAFRAGMA CONCRETO					
		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
1	P.S.S.R.1	1	0	0	0	0	1
2	P.S.S.R.N. 27	0	0	0	0	0	0
3	R. María Aguilar A	0	0	0	0	0	0
	R. María Aguilar B	0	0	0	0	0	0
4	P.S.S.R.N. 177	1	0	0	0	0	1
5	P.S.S.R.N.110	0	0	0	0	0	0
6	P. S. S. R. N .209 (A)	1	0	0	0	0	1
	P. S. S. R. N. 209 (B)	1	0	0	0	0	1
7	P.S.S.R.2 (A)	1	0	0	0	0	1

Fuente: realización propia del autor

Tabla 19: Comparación de la condición de los apoyos en los puentes de la Ruta 39

Nº	NOMBRE PUENTE	11. APOYOS			
		1. ROTURA DE PERNOS (APOYOS)	2. DEFORMACION EXTRAÑA	3.INCLINACION	4.DESPLAZAMIENTO
1	P.S.S.R.1	-	-	-	-
2	P.S.S.R.N. 27	0	0	0	0
3	R. María Aguilar A	-	-	-	-
	R. María Aguilar B	-	-	-	-
4	P.S.S.R.N. 177	-	-	-	-
5	P.S.S.R.N.110	-	-	-	-
6	P. S. S. R. N .209 (A)	0	0	0	0
	P. S. S. R. N. 209 (B)	0	0	0	0
7	P.S.S.R.2 (A)	-	-	-	-

Fuente: realización propia del autor

Tabla 20: Comparación de la condición de la viga cabezal de los puentes de la Ruta 39

Nº	NOMBRE PUENTE	12. VIGA CABEZAL Y ALETONES					
		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECC	3. DESCASCAMI ENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
1	P.S.S.R.1	1	0	0	0	0	1
2	P.S.S.R.N. 27	0	0	0	0	0	0
3	R. María Aguilar A	0	0	0	0	0	0
	R. María Aguilar B	0	0	0	0	0	0
4	P.S.S.R.N. 177	0	0	0	0	0	1
5	P.S.S.R.N.110	0	0	0	0	0	2
6	P. S. S. R. N. 209 (A)	0	0	0	0	0	0
	P. S. S. R. N. 209 (B)	0	0	0	0	0	0
7	P.S.S.R.2 (A)	0	0	0	0	0	0

Fuente: realización propia del autor

De lo expuesto en la Tabla 12, se puede inferir que las condiciones del pavimento se han deteriorado en el puente sobre la Ruta 27 al deteriorarse más las condiciones de las grietas, baches y surcos respecto al inventario hecho en el año 2015. De igual manera, se presenta una condición similar en los puentes paralelos que cruzan el Río María Aguilar, específicamente en los surcos detectados en la superficie de pavimento. El puente sobre la Ruta 177 no presenta cambios. Los demás puentes tienen su superficie con el concreto desnudo, sin presencia de asfalto. Por esa razón no se reportan datos.

En las condiciones de las barandas del puente sobre el río María Aguilar (Tabla 13), uno de los puentes es el que presenta un poco más de oxidación. En los demás aspectos que se califican como deformación, corrosión o faltantes no se manifiestan daños apreciables. Al ser puentes relativamente nuevos, es muy poca la variación en las condiciones. Los demás puentes no tienen este elemento en metal, por lo tanto, no se reportan datos.

En las barandas de concreto, el puente sobre la Ruta 1 es el que presenta una calificación más alta en su degradación al tener su baranda de concreto más fisuras y estar expuestos los pernos que anclan esta al puente. Los demás puentes no muestran grandes cambios. (Tabla 14)

En lo que respecta a juntas de expansión (Tabla 15), el paso sobre la Ruta 1 es el que tiene más deterioro, especialmente en la exposición del acero de refuerzo alrededor de la junta, sonidos y en partes faltantes de la junta (ver fotografía en el apéndice). En los demás puentes como es el caso del paso a desnivel sobre la Ruta 110, 209 y 2, se presenta principalmente filtraciones por faltantes en los elementos que componen la junta. El puente A del paso a desnivel sobre la Ruta 209 (sentido Hatillo- San Pedro), presenta también un gran cambio respecto a la última inspección realizada ya que esta vez se notó ruido en una de las juntas ante su deterioro. De ahí deriva la calificación dada. Este mismo puente junto con el paso sobre la Ruta 2 se le detectó también un cambio en la calificación en juntas obstruidas y acero de refuerzo expuesto.

Para la condición de la losa (Tabla 16), el puente sobre la ruta 27 presenta sobre su superficie y debajo del mismo, signos de deterioro. Presenta más grietas y eflorescencia que en la inspección anterior. Asimismo, se detectó cambios en el deterioro como descascaramiento de la losa en el paso sobre la Ruta 209 (ambos puentes), y en el paso sobre la Ruta 2. El único que reportó cambio en la eflorescencia de la losa fue el PSSR 2. Esto va ligado a las filtraciones de agua reportadas que deterioran la losa y se manifiesta como eflorescencia.

De la Tabla 17, se observa más grietas en las vigas de concreto del puente sobre la Ruta 27. En el paso sobre la Ruta 177, aumentó 1 punto más al observar grietas en una dirección en una de las vigas principales. En el paso sobre ruta 2 y uno de los puentes del paso sobre la Ruta 209, se observa esta vez más eflorescencia en el citado elemento.

En la Tabla 18, se aprecia que la principal variación es la eflorescencia en las vigas diafragma de los puentes sobre la Ruta 1, 177, 209 y 2. Se nota una grieta en una de las vigas del puente sobre la ruta 209 (PSSR 209A).

Concerniente a los apoyos (Tabla 19), no se notó variación. Una de las razones es que es muy difícil apreciar de cerca su condición.

En la viga cabezal, (Tabla 20), se aprecia principalmente cambios en la cantidad de eflorescencia de los puentes que cruzan la Ruta 1, 177 y 110. La principal razón en los pasos sobre la ruta 1 y 110 es la mala condición de las juntas de expansión. En el puente sobre la ruta 177, no posee juntas al ser una estructura de marco rígido por lo que las razones de infiltración serían otras.

De las tablas anteriores se puede notar una relación entre los deterioros en las juntas y daños por humedad en algunos elementos de la superestructura de los puentes. El paso a desnivel sobre la Ruta 2, presenta en la inspección hecha en el 2017 un incremento en los índices de calificación de los tipos de daño en juntas. Junto a esto, se observa un incremento en la calificación del daño por eflorescencia en elementos de la losa, viga principal de concreto, viga diafragma y viga cabezal.

Asimismo, en el paso a desnivel sobre la ruta, se observa de la inspección visual daños graves en la junta, como faltantes y movimientos verticales, lo que repercute en eflorescencia en las vigas cabezal por las filtraciones de agua. Similar caso se detectó en el puente sobre la Ruta 110, también con filtraciones en la viga cabezal.

4.1.2.1 Daños más relevantes detectados

Con el propósito de visualizar los tipos de daños que presentan ciertos puentes, respecto a su edad de construcción o diseño se obtuvo la Tabla N°21. Los daños con severidad 3 y mayores, son los que se detallan en el cuadro a continuación.

Tabla 21: Daños estructurales más relevantes detectados en los puentes

NOMBRE PUENTE	Año	Observación	Daños relevantes detectados
P.S.S.R.1	1994	Año que entra en operación	Barandas de concreto agrietadas
			Juntas de expansión con sonidos, filtraciones, con faltantes y deformadas, obstrucciones y acero refuerzo expuesto
			Losa con grietas en una y dos direcciones, eflorescencia y agujeros
P.S.S.R.N. 27	1990	Año que entra en operación	Sobrecapas de asfalto
			Acero de refuerzo expuesto de baranda de concreto
			Juntas obstruidas
			Viga principal de concreto con grietas una dirección
R. María Aguilar A	2013		Sobrecapas de asfalto

NOMBRE PUENTE	Año	Observación	Daños relevantes detectados
		Fecha de diseño y entra operar en 2014	Grietas en una dirección en viga diafragma en muchos lugares
R. María Aguilar B	2013	Fecha de diseño y entra operar en 2014	Sobrecapas de asfalto
P.S.S.R.N. 177	2009	Año que entra en operación	Sobrecapas de asfalto Eflorescencia en viga cabezal
P.S.S.R.N.110 A	2009	Fecha de diseño	Junta de expansión con filtraciones, faltante o deformación, y juntas obstruidas. Losa con eflorescencia y grietas en dos direcciones Eflorescencia en viga cabezal
P. S. S. R. N .209 (A)	2002	Año que entra en operación	Acero de refuerzo expuesto de baranda de concreto Junta expansión con sonidos extraños Grietas en una y dos direcciones en la losa
P. S. S. R. N. 209 (B)	2002	Año que entra en operación	Acero de refuerzo expuesto de baranda de concreto Grietas en una y dos direcciones en la losa
P.S.S.R.2 (A)	1982	Año que entra en operación	Juntas expansión con filtración de aguas Losa con grietas en una y ambas direcciones Eflorescencia en viga principal de concreto

De la tabla anterior, se puede observar que los puentes parte de este estudio presentan diferentes daños, sin haber una relación clara entre la edad del puente y el tipo de deterioro. Sin embargo, de los puentes más antiguos, como el paso a desnivel sobre la Ruta 2 y 1, muestran principalmente problemas en las juntas de expansión, y agrietamiento en la superficie de losa. Aun así, algunos puentes relativamente nuevos, como el paso sobre la Ruta 110 tienen daños apreciables, producto del mal mantenimiento. Muchos de ellos, independientemente también de la edad, presentan daños en sus barandas de concreto, los cuales son producto de los impactos de los vehículos. Puentes muy nuevos, como del Río María Aguilar, empiezan a sufrir las malas prácticas constructivas de aplicar sobrecapas sobre la losa. Este tipo de problema se detectó además en el paso sobre la Ruta 177 y 27, siendo muy evidente en este último, donde no fue posible observar siquiera las juntas. Prácticamente en todos los puentes con losa desnuda, presentan grietas, siendo más extensas en los puentes más viejos.

Para más información, en el apéndice se muestran los resultados completos de las inspecciones realizadas en el 2017.

4.2 Caracterización del tránsito en la ruta 39

4.2.1 Caracterización del flujo vehicular horario

Mediante el análisis de los años 2015, 2016 y 2017 se obtienen datos que ayudan a describir los patrones del volumen de automotores que circulan por esta ruta. En este apartado se procede a mostrar los resultados de la caracterización del tránsito horario y diario de las cinco estaciones de radar localizadas a lo largo de la ruta en estudio.

Para efectos de comparar la curva de distribución horaria de los vehículos totales que circulan (vehículos livianos y pesados), con los pesados, se muestran en la misma gráfica ambas curvas. Esta última únicamente toma en consideración los vehículos tipo camión.

La curva de vehículos totales se estimó para cada hora como un porcentaje del volumen horario obtenido, dividido entre el tránsito total aforado durante el año indicado. Basado en esos porcentajes es que se obtiene la curva. Para la curva representativa de los camiones, se tomó los volúmenes aforados únicamente de los vehículos pesados para cada hora y se dividió entre el volumen total de los mismos. Es por eso que se indica en el eje vertical que lo mostrado corresponde a porcentajes del tránsito diario total o de camiones (curva naranja), para cada año. Esto se hizo así para poder observar en una mejor forma comparativa ambas curvas. Si para los camiones se hubiera representado la curva como un porcentaje del volumen total de vehículos (livianos y camiones), la curva hubiera estado más abajo en el gráfico y no se podría apreciar si el patrón de los vehículos pesados coincidía con el del total de vehículos.

Como durante el 2015 únicamente se pudo obtener datos a partir de junio, los datos mostrados en la gráfica muestran en ese caso los promedios de la mitad de un año. Durante los años 2016 y 2017 sí se pudo obtener en la mayoría de las estaciones los datos por un año. Excepto en los casos de Colonia Kennedy y Parque de la Paz que durante el año 2016 y 2017 se tuvo interrupciones en la recepción de datos.

4.2.1.1 Patrón de flujo horario de la estación de radar de La Uruca

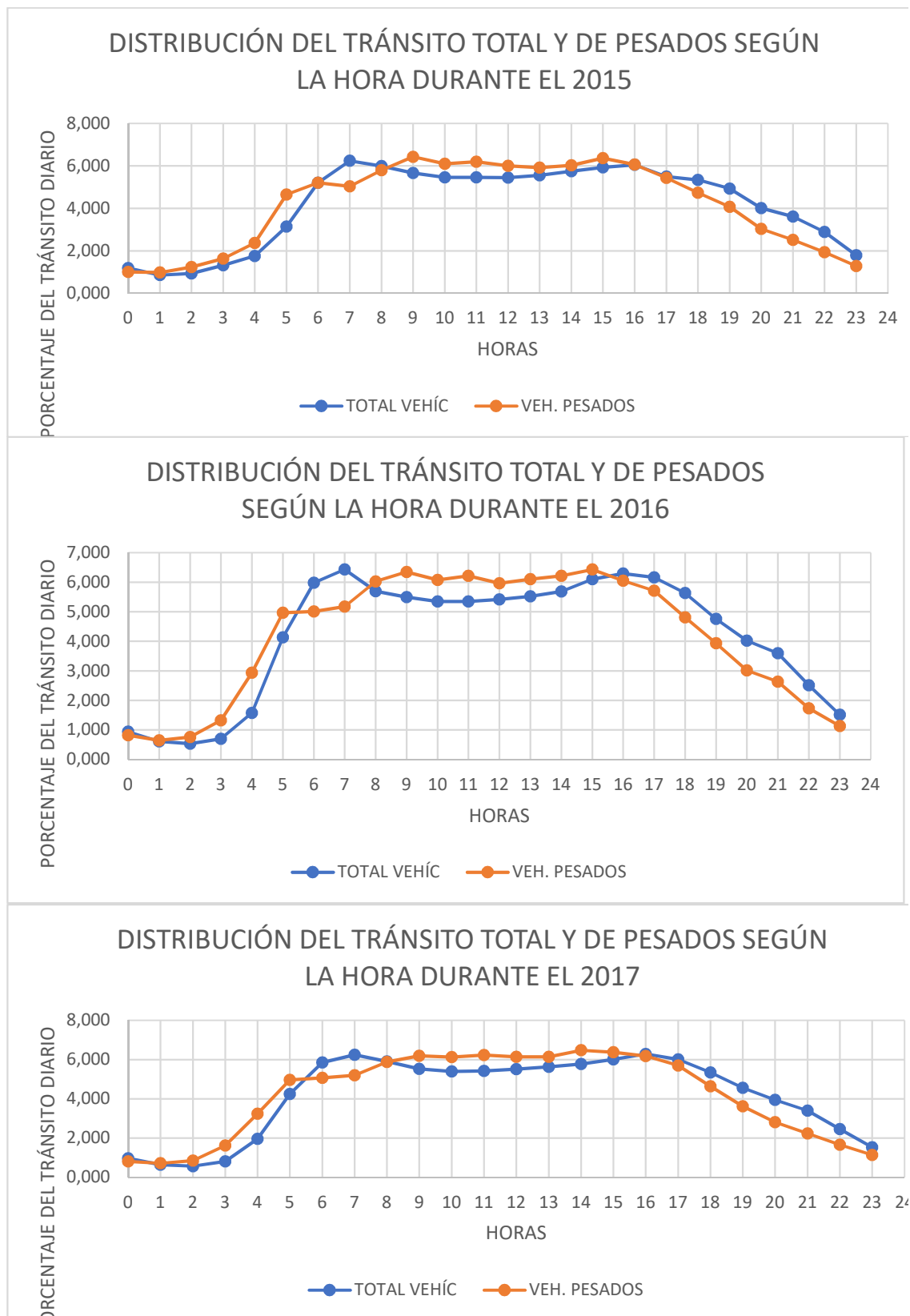


Figura 16: Distribución del flujo promedio horario vehicular a lo largo del día para la estación de La Uruca, durante los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: del autor

4.2.1.2 Patrón de flujo horario de la estación de radar de Colonia Kennedy

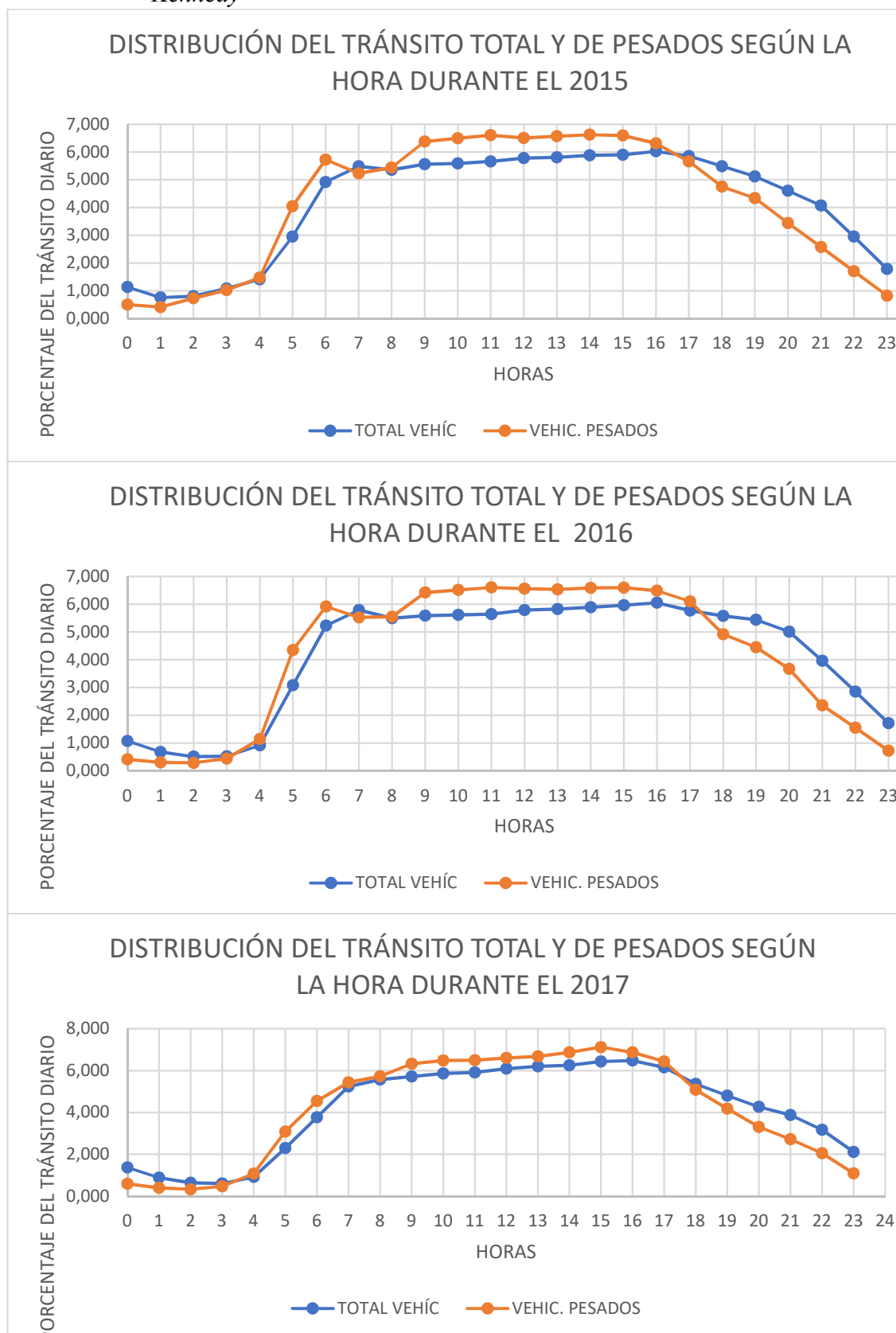


Figura 17: Distribución del flujo promedio horario vehicular a lo largo del día para la estación de Colonia Kennedy, durante los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: del autor

4.2.1.3 Patrón de flujo horario de la estación de radar de Parque de La Paz

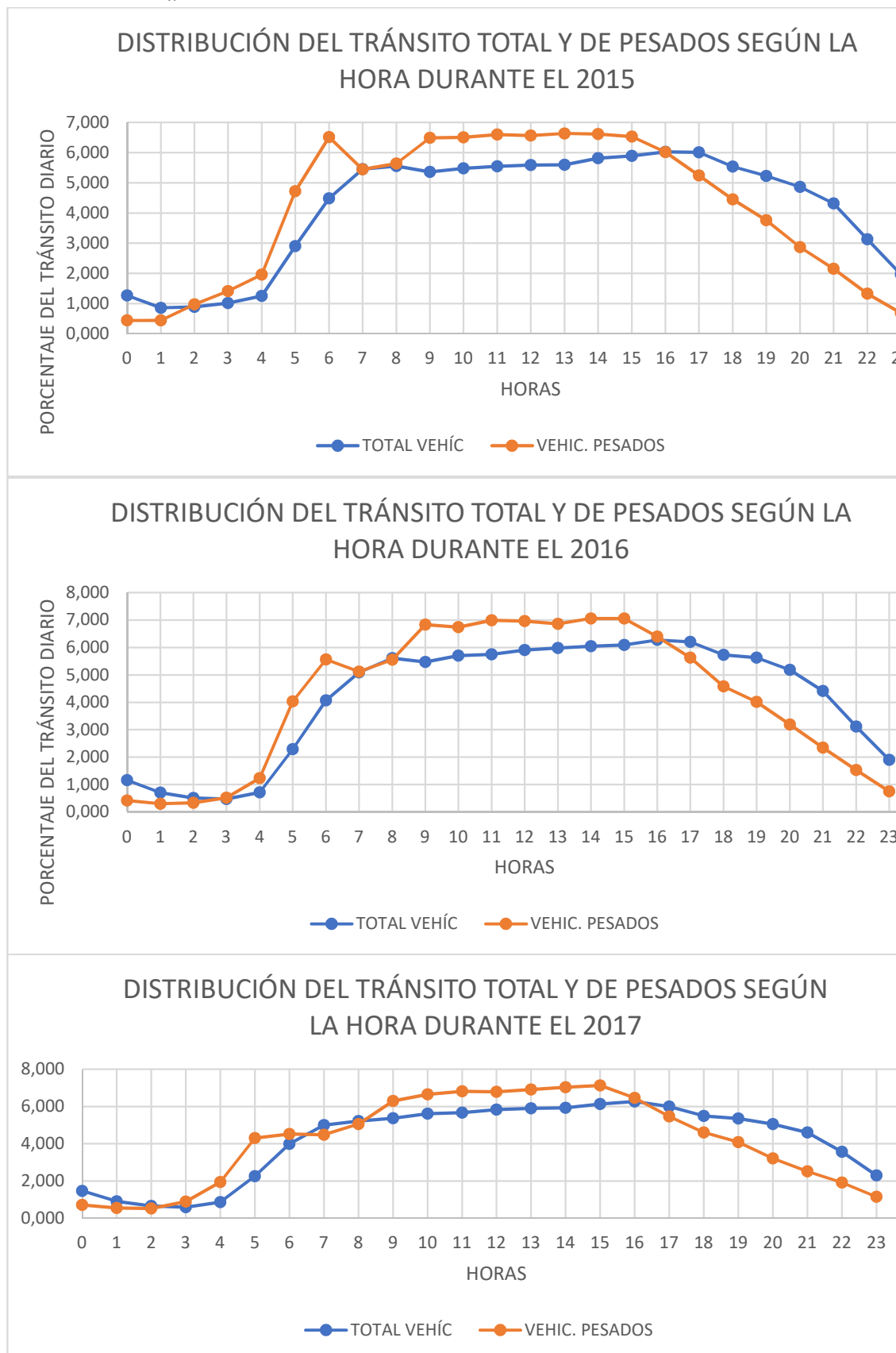
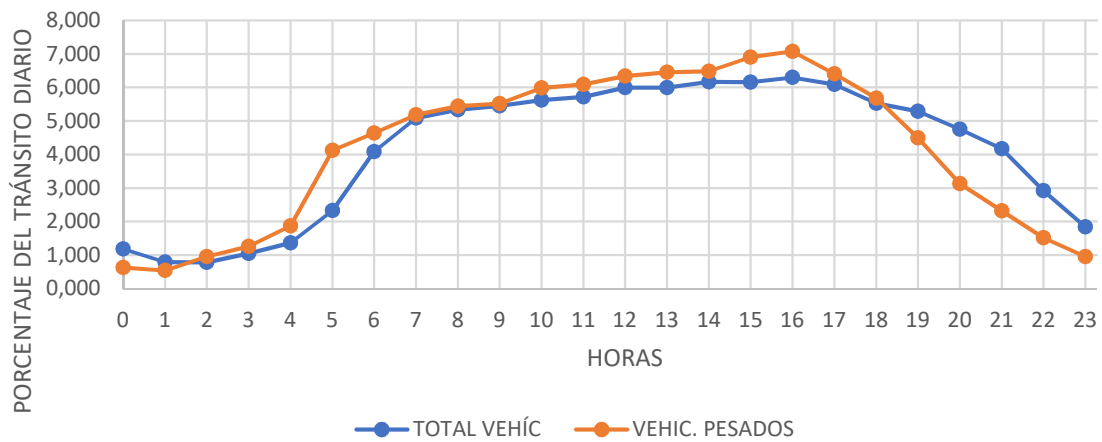


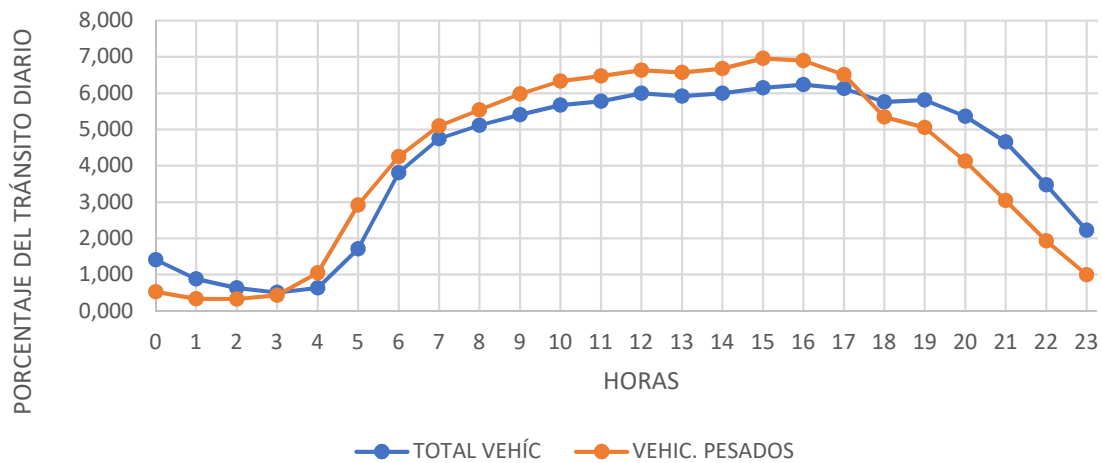
Figura 18: Distribución del flujo promedio horario vehicular a lo largo del día para la estación de Parque de La Paz, durante los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: del autor

4.2.1.4 Patrón de flujo horario de la estación de radar de Las Luisas

DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO TOTAL Y DE PESADOS SEGÚN LA HORA DURANTE EL 2015



DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO TOTAL Y DE PESADOS SEGÚN LA HORA DURANTE EL 2016



DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO TOTAL Y DE PESADOS SEGÚN LA HORA DURANTE EL 2017

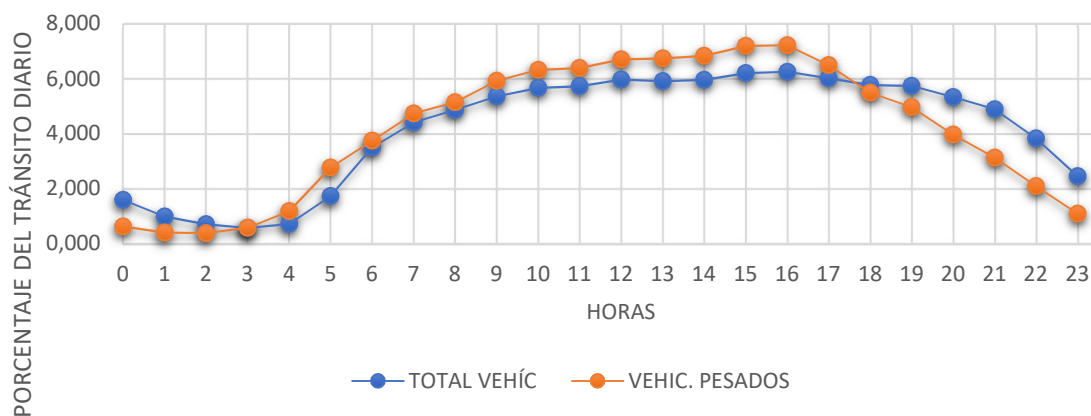


Figura 19: Distribución del flujo promedio horario vehicular a lo largo del día para la estación de Las Luisas, durante los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: del autor

4.2.1.5 Patrón de flujo horario de la estación de radar de San Pedro

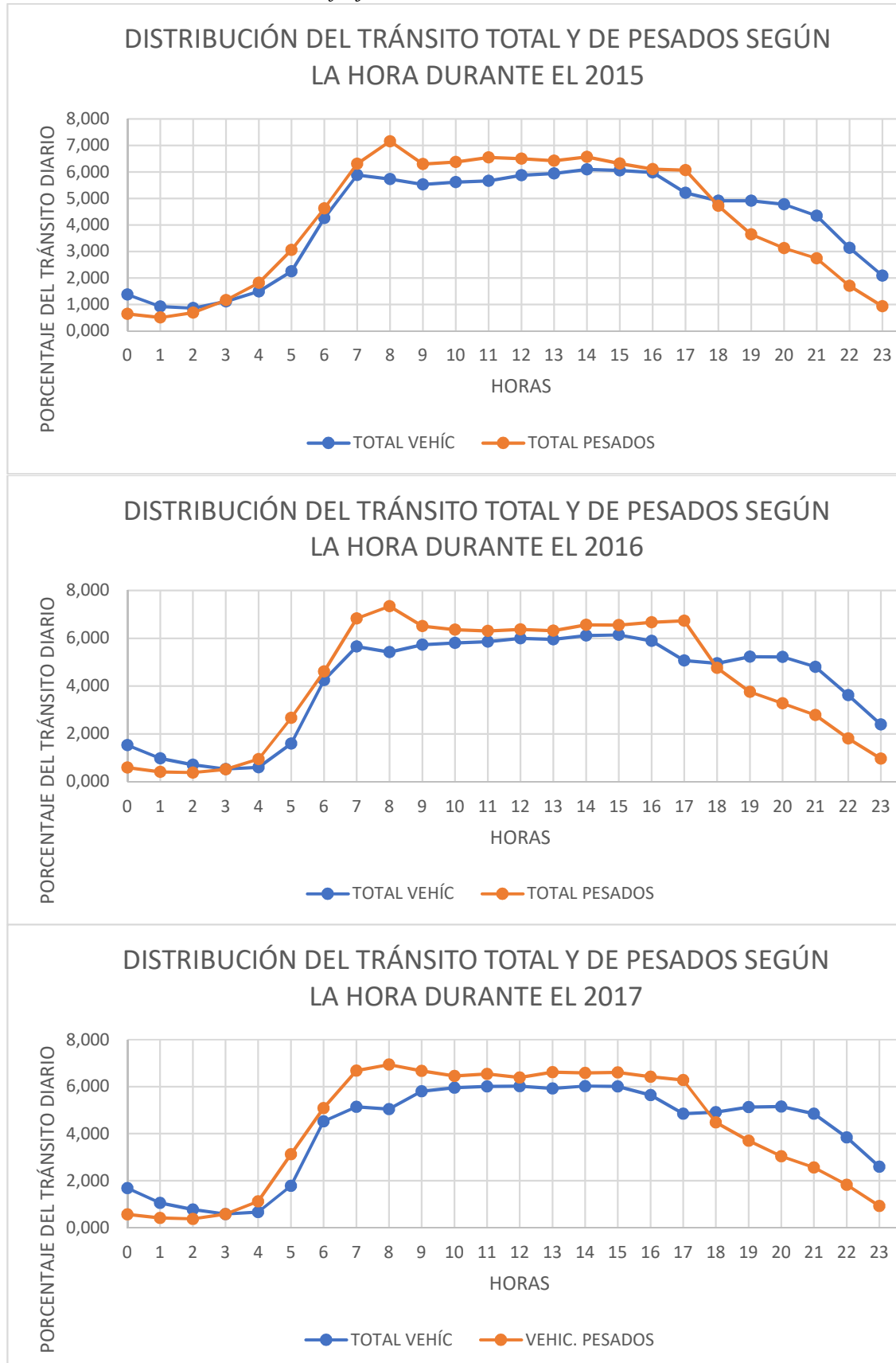


Figura 20: Distribución del flujo promedio horario vehicular a lo largo del día para la estación de San Pedro, durante los años 2015, 2016 y 2017. Fuente: del autor

De las gráficas se evidencia los típicos picos de tráfico característico de las áreas muy pobladas durante las mañanas y los cuales continúan durante las tardes, lo cual confirma que las estaciones de monitoreo están localizadas en una ruta primaria urbana. Generalmente el pico es mayor durante las mañanas (a partir de las 6 am), tiende a bajar o hacer un pequeño valle a partir de las 9 am, y vuelve a tener un ligero incremento a partir de las 3 pm hasta que gradualmente va bajando y llegar a los valores mínimos ya entrada la noche. Esto es muy claro en las gráficas de la estación de La Uruca y San Pedro; sin embargo, en Colonia Kennedy, Parque de La Paz y Las Luisas los picos no son tan evidente probablemente por la congestión vial que no permite que los picos (especialmente el de la mañana) vayan más allá, alcanzando esos tramos de vía la saturación por un corto lapso de tiempo. Esta saturación “trunca” en cierta manera el pico de la mañana.

Las curvas que representan a los camiones, siguen un patrón de tránsito muy similar, especialmente en el comienzo y extensión de los picos de la mañana, excepto que el pico de los camiones tiende a empezar un poco antes que el del total de vehículos, esto porque usualmente los camiones empiezan su jornada temprano para hacer sus entregas. Sin embargo, durante la tarde en todos los casos el pico desciende antes que en la curva del tránsito total de vehículos. Durante los tres años analizados las cinco estaciones mostraron patrones muy similares de variación horaria de tránsito.

4.2.2 Caracterización del flujo vehicular diario

4.2.2.1 Distribución según día de la semana del total de vehículos

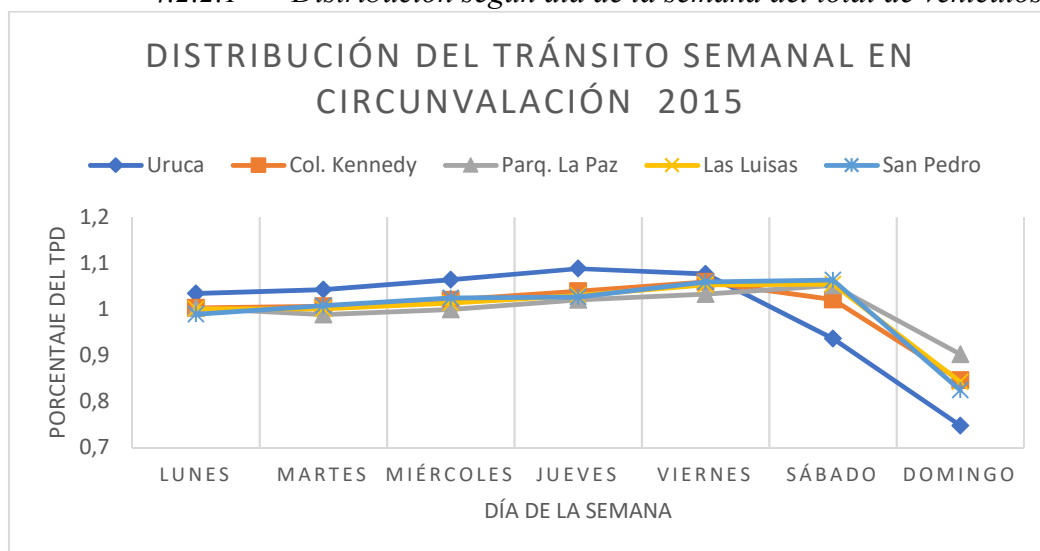


Figura 21: Distribución de acuerdo al día de la semana del tráfico para las cinco estaciones de radar durante el año 2015. Fuente: del autor

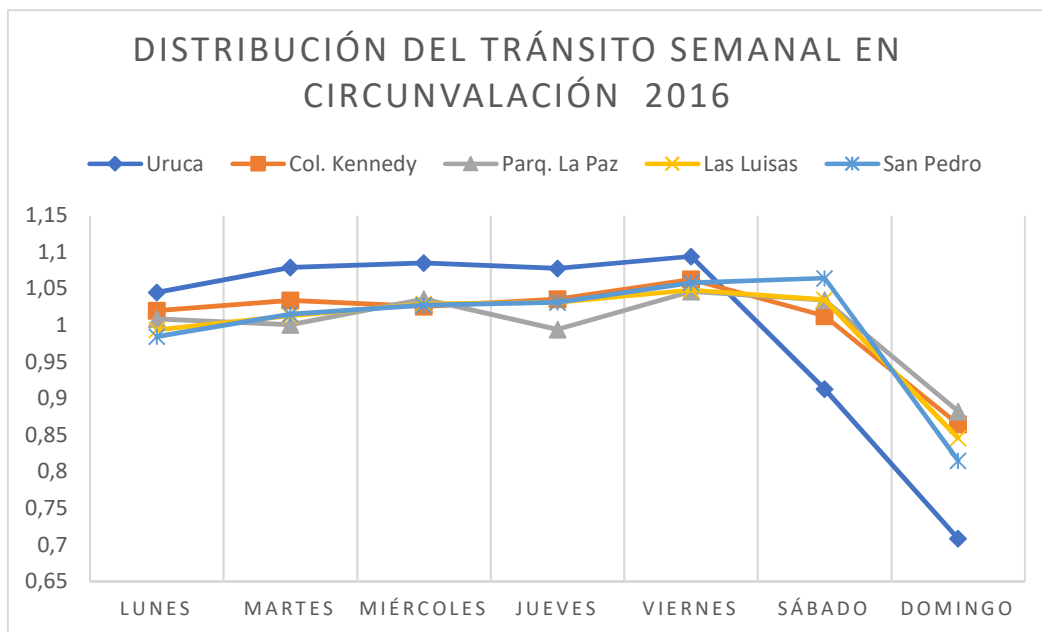


Figura 22: Distribución de acuerdo al día de la semana del tráfico para las cinco estaciones de radar durante el año 2016. Fuente: del autor

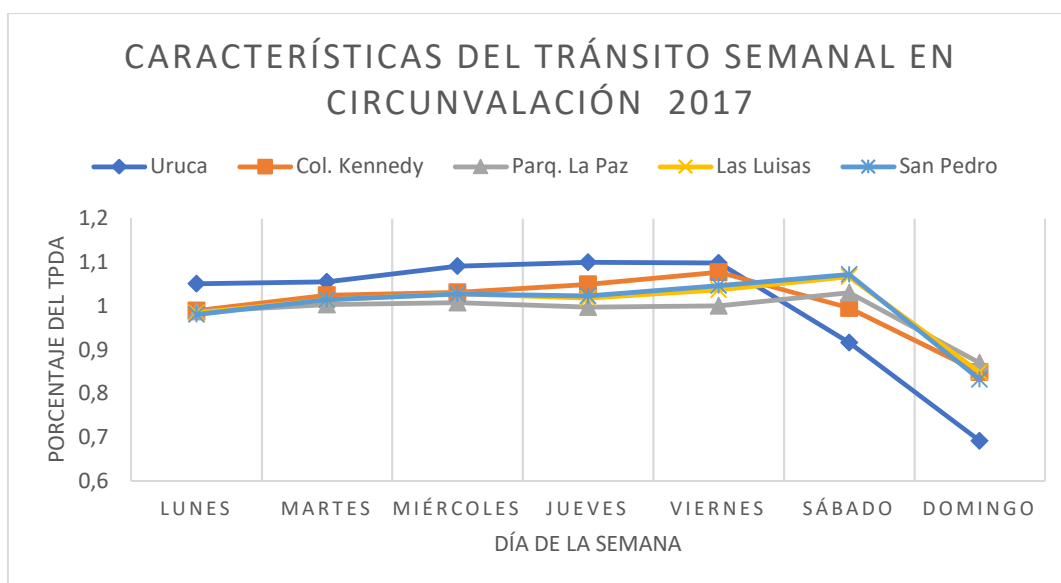


Figura 23: Distribución de acuerdo al día de la semana del tráfico para las cinco estaciones de radar durante el año 2017. Fuente: del autor

Observando los gráficos de las figuras 20, 21 y 22 se nota que la variación diaria muestra en general una tendencia similar a la que se logra observar en las rutas urbanas, donde los días lunes a jueves muestran un tráfico con volúmenes de característica similar, mientras que los viernes tiene un ligero incremento y el fin de semana (sábado y domingo) tienen características diferentes.

Es de notar que en la estación de radar en La Uruca y Colonia Kennedy, los sábados y domingos se nota un descenso en el volumen comparado con el resto de los días. Mientras que en el resto de estaciones los sábados se observa un leve aumento del volumen comparado con el resto de la semana, pero el domingo siempre disminuye a valores mucho menores a los que se tiene en un día entre semana típico.

4.2.2.2 Distribución según día de la semana de camiones

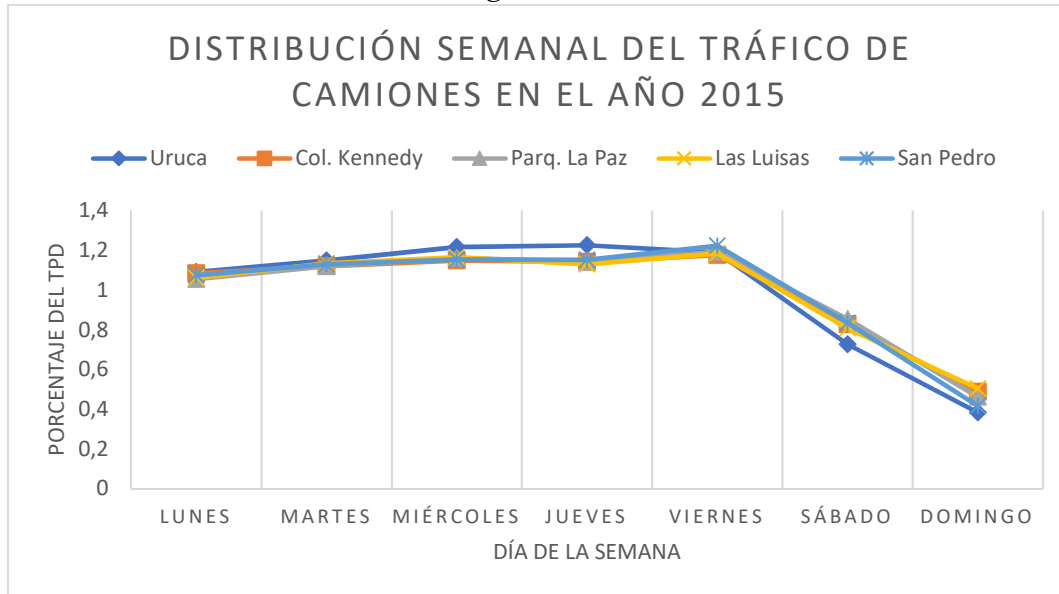


Figura 24: Distribución de acuerdo al día de la semana del tránsito de camiones para las cinco estaciones de radar durante el año 2015. Fuente: del autor

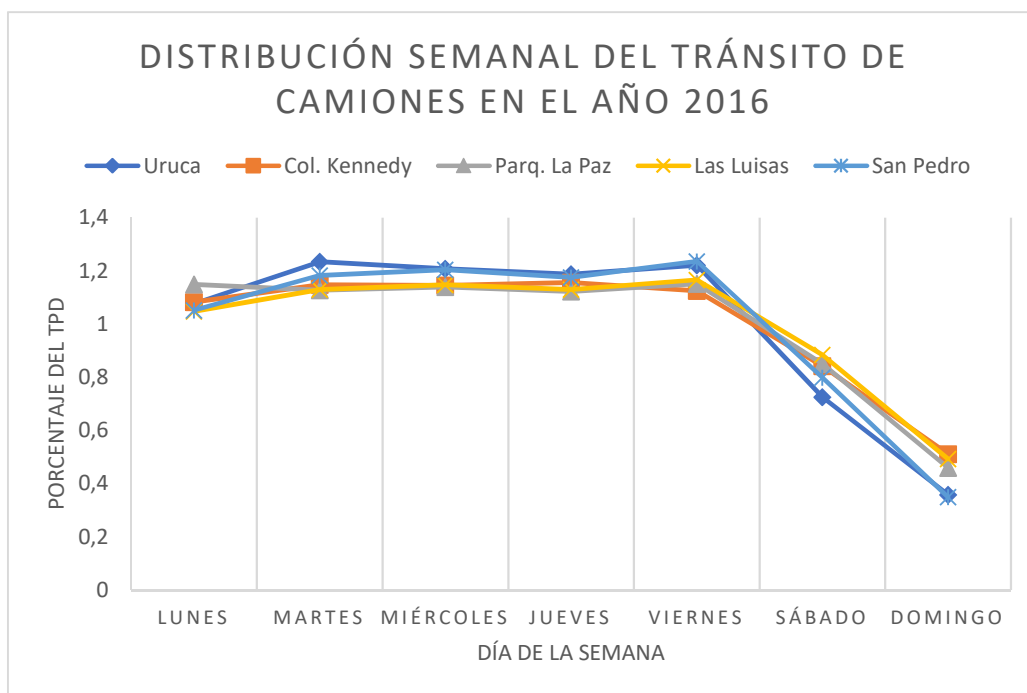


Figura 25 : Distribución de acuerdo al día de la semana del tránsito de camiones para las cinco estaciones de radar durante el año 2016. Fuente: del autor

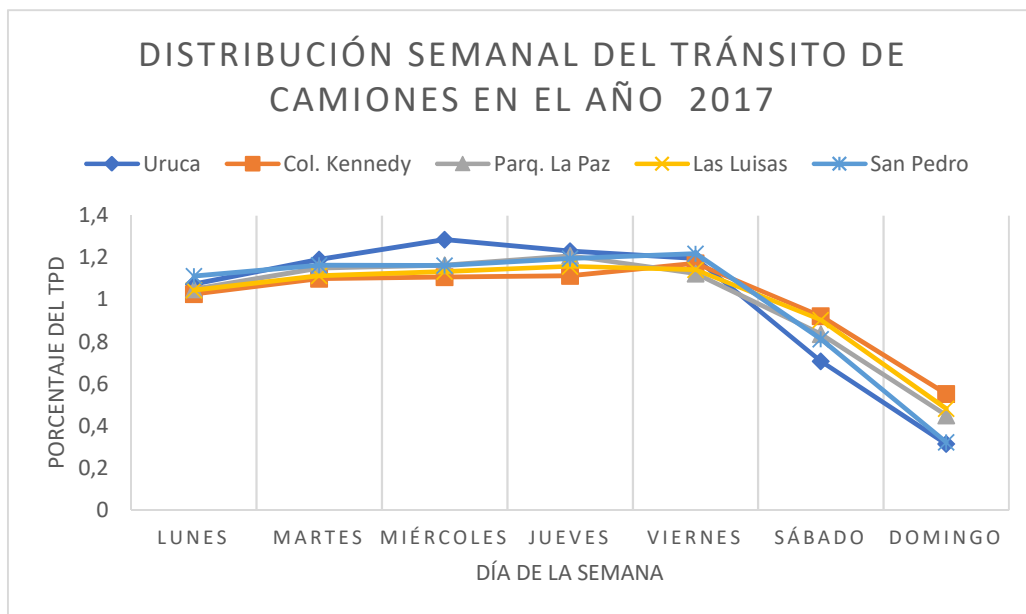


Figura 26: Distribución de acuerdo al día de la semana del tránsito de camiones para las cinco estaciones de radar durante el año 2017

De las figuras 23, 24 y 25 que muestran la tendencia del tráfico de camiones a lo largo de la semana, se observa que el patrón es muy similar al de la totalidad de los vehículos monitoreados en la ruta de circunvalación. Se destaca eso sí que en todas las estaciones el flujo de camiones disminuye los sábados, a diferencia de lo mostrado en las gráficas anteriores con los vehículos en general.

4.2.2.3 Clasificación vehicular en los tramos analizados de la Ruta 39

Analizando los datos registrados por los radares a partir del año 2015 hasta el 2017, se muestra la distribución porcentual de los vehículos según los detectan los radares. La clasificación que hacen los radares es en tres: livianos y carga liviana en el primer grupo, buses y camiones en el segundo, y camiones articulados en el tercero.

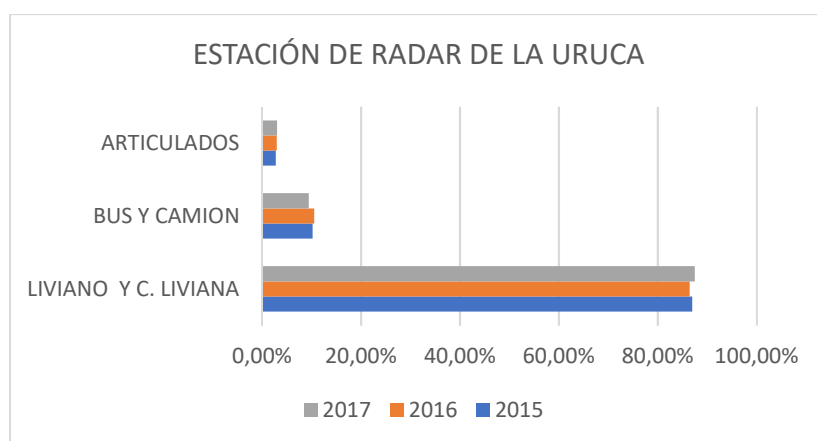


Figura 27: Distribución porcentual de la clasificación vehicular en la estación de La Uruca

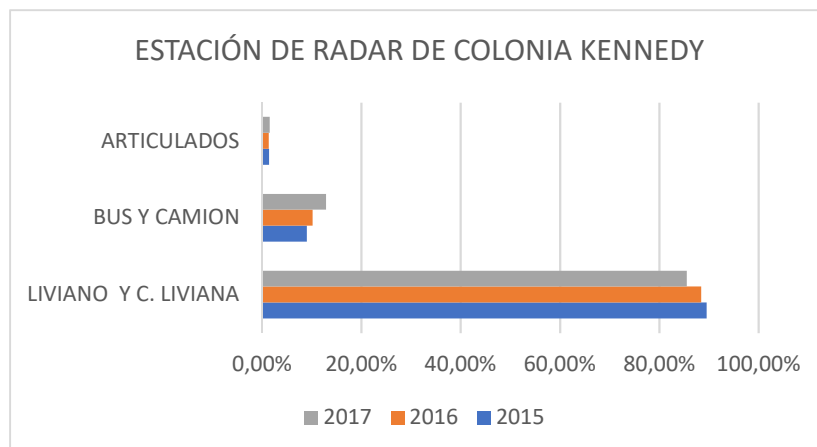


Figura 28: Distribución porcentual de la clasificación vehicular en la estación de Colonia Kennedy

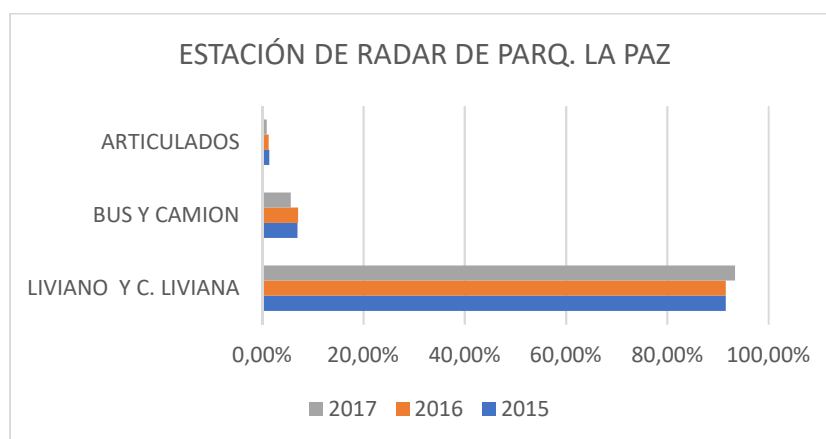


Figura 29: Distribución porcentual de la clasificación vehicular en la estación de Parque de La Paz

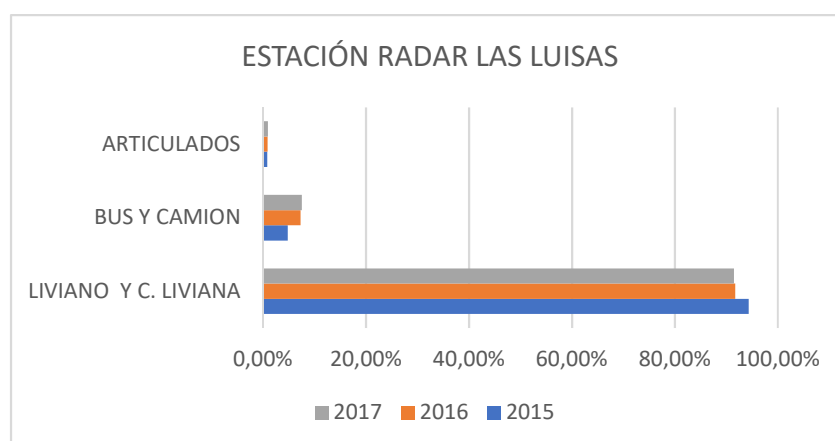


Figura 30: Distribución porcentual de la clasificación vehicular en la estación de Las Luisas

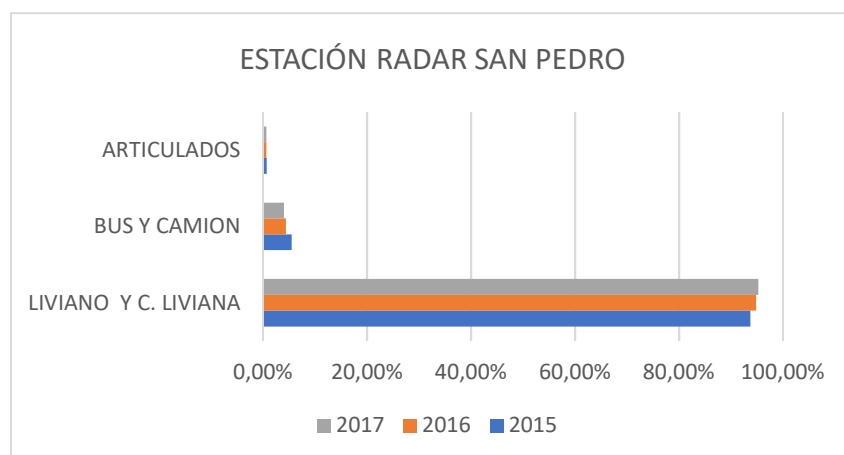


Figura 31: Distribución porcentual de la clasificación vehicular en la estación de San Pedro

De las gráficas desplegadas en las figuras 26 a la 30, se puede notar que la mayoría de los vehículos que atraviesan la ruta de circunvalación lo comprenden los vehículos livianos y de carga liviana, siguiendo en una menor proporción los buses y camiones; y de último los camiones articulados que lo constituyen los camiones de 4, 5 y 6 ejes.

4.2.3 Crecimiento del volumen de tránsito en la Ruta 39

4.2.3.1 Capacidades de saturación

Para obtener la curva de crecimiento, se deben tener primero las capacidades de saturación de las diferentes secciones de la ruta de circunvalación y que son parte del análisis. En la Tabla N.º 22 se muestran las capacidades que se obtuvieron de las secciones de control de la Ruta 39 donde están localizadas las estaciones de radar. Es importante explicar que en la tabla se muestran los resultados primero presentándolos como flujo de servicio (unidades de vehículos de pasajeros por hora- pc/h); y después como TPDA de saturación en términos de cantidad de vehículos.

Tabla 22: Capacidades de saturación de tramos de la Ruta 39 donde están los contadores de radar

Tramo	Tipo de indicador	Sentido 1	Sentido 2	Total
La Uruca (Intersección Ruta 108) -Paso Superior Ruta 1	Flujo de servicio, pc/h	5000	6666	11666
	TPDA de saturación (TPDA _{sat})	54760	73013	127773
Hatillo (Paso Sup. R110) -San Sebastián (Paso Inf. R214)	Flujo de servicio, pc/h	5518	5518	11036
	TPDA de saturación (TPDA _{sat})	68974	68974	137948
PASO ANCHO PASO INFERIOR(R.213)-LA Y GRIEGA(PASO SUPERIOR R.209)	Flujo de servicio, pc/h	5543	5543	11086
	TPDA de saturación (TPDA _{sat})	69289	69289	138578
LA Y GRIEGA(PASO SUPERIOR R.209)-ZAPOTE(R.215)(ROTONDA GARANTIAS SOCIALES)	Flujo de servicio, pc/h	5532	5532	11065
	TPDA de saturación (TPDA _{sat})	69155	69155	138309
RÍO OCLORO (LIMITE CANTONAL) - SAN PEDRO (PASO SUPERIOR R. 2)	Flujo de servicio, pc/h	4913	4913	9826
	TPDA de saturación (TPDA _{sat})	61412	61412	122824

De los datos anteriores se observa que las capacidades de los tramos Hatillo -San Sebastián, Paso Ancho -La Y Griega, La Y Griega -Zapote tienen cantidades calculadas muy similares. En cambio, las secciones La Uruca -Intersección Ruta 1 y Río Ocloro -San Pedro un poco más bajas. Esta diferencia se debe ante el porcentaje de vehículos pesados medidos y las pendientes medias que le restan capacidad. Esto se ve en más detalle en el Apéndice 7.3.

4.2.3.2 Estimación del flujo de saturación en las estaciones temporales

Para poder complementar la información de tránsito obtenida de las estaciones de radar, se procede a estimar el flujo de saturación en las estaciones temporales que históricamente ha venido utilizando la Secretaría de Planificación Sectorial a lo largo de los años. En la Tabla N.º 23 se muestran los datos obtenidos de flujo de saturación. Al igual que con los flujos de saturación obtenidos para los puntos donde están las estaciones de radar, se muestra el procedimiento de cálculo en el Apéndice 7.3.

Tabla 23: Capacidades de saturación de las secciones de la Ruta 39 donde están las estaciones de conteo históricas del MOPT

Estac. N°	Tramo	Tipo de indicador	Sentido 1	Sentido 2	Total
109	BOULEVAR ROHRMOSER(PASO INFERIOR PLAZA MAYOR)-PAVAS(PASO INFERIOR R.104)	Flujo de servicio- pc/h	3596	3596	7192
		TPDA de saturación (TPDAsat)	44949	44949	89898
218	PASO INFERIOR RUTA 167(LADRILLERA LA SABANA)-HATILLOS 7/8	Flujo de servicio- pc/h	3632	3632	7265
		TPDA de saturación (TPDAsat)	45405	45405	90809
145	HATILLOS 7/8-HATILLOS 6/3(AV.CENTRAL)	Flujo de servicio- pc/h	5413	5413	10827
		TPDA de saturación (TPDAsat)	67667	67667	135334
213	HATILLOS 6/3(AV.CENTRAL)-HATILLO 4/5(R.176)(CALLE REPÚBLICA COSTA RICA)	Flujo de servicio- pc/h	5395	5395	10790
		TPDA de saturación (TPDAsat)	67436	67436	134873
133	ZAPOTE(R.215)-LTE CANT.SAN JOSÉ/MONTES DE OCA(R.OCLORO)	Flujo de servicio- pc/h	5542	5542	11084
		TPDA de saturación (TPDAsat)	69276	69276	138551

4.2.3.3 Curvas de crecimiento

A continuación, se muestran las curvas de crecimiento de las secciones donde están las estaciones de radar y las estaciones históricas de medición de tránsito del MOPT. Estas últimas es donde se han realizado muestras de volumen mediante conteos manuales.

En verde se muestra la curva estimada proyectada de tránsito, obtenida a partir de la capacidad de saturación (cuyo tope máximo de tránsito está en rojo) y del tránsito promedio diario obtenidos puntualmente a través de los años (puntos en azul).

Con base en publicaciones de los años ochenta de la construcción de los tramos de la carretera de circunvalación y en los registros de tránsito históricos del MOPT se obtienen los datos para trazar el inicio de la curva de crecimiento.

4.2.3.3.1 Curvas de secciones de control donde se ubican las estaciones de radar

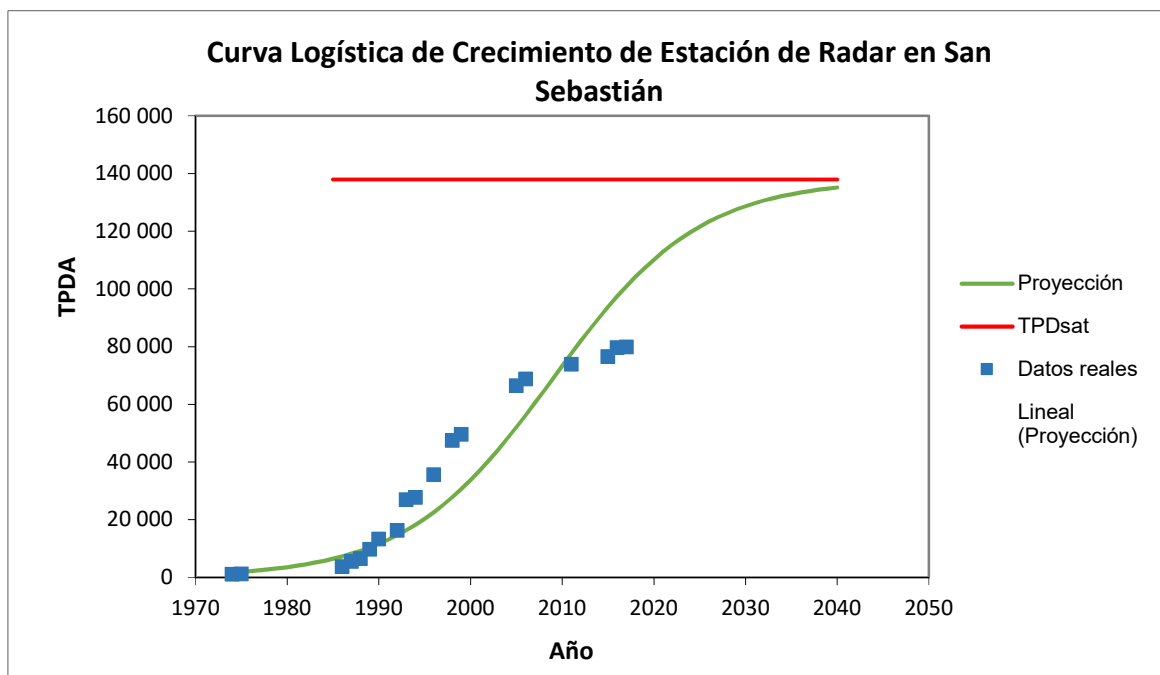


Figura 32: Curva de crecimiento de la estación de radar ubicada en San Sebastián. Fuente: creación propia

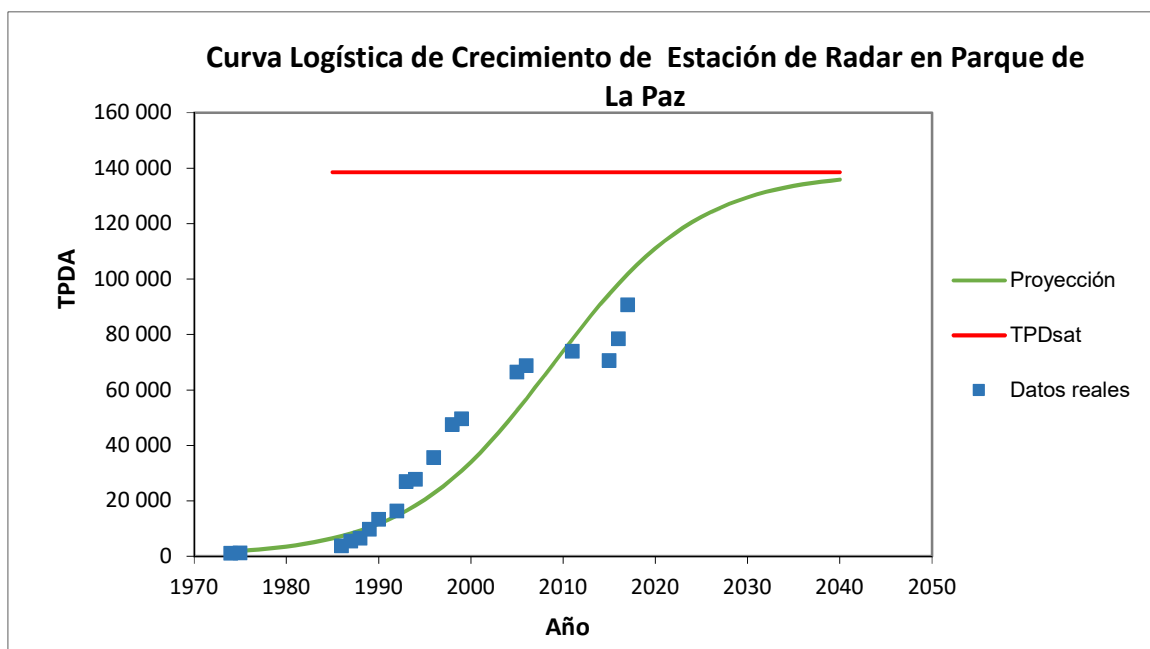


Figura 33: Curva de crecimiento de la estación de radar ubicada en Parque de La Paz. Fuente: creación propia

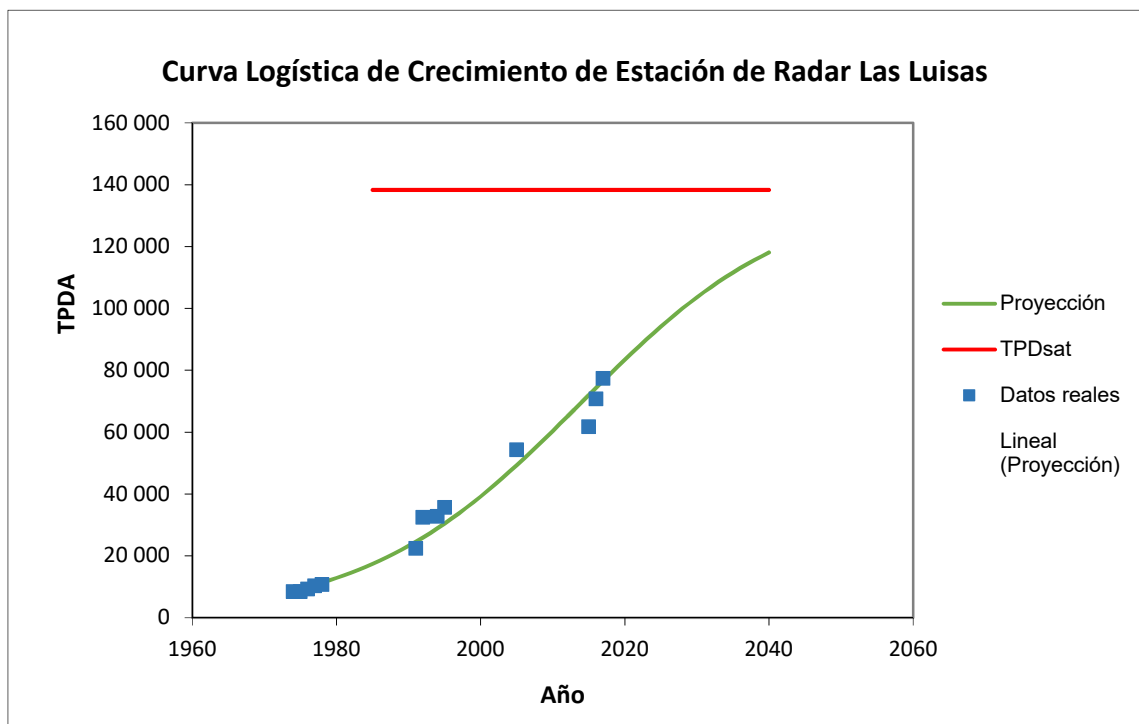


Figura 34: Curva de crecimiento de la estación de radar ubicada en Las Luisas. Fuente: creación propia

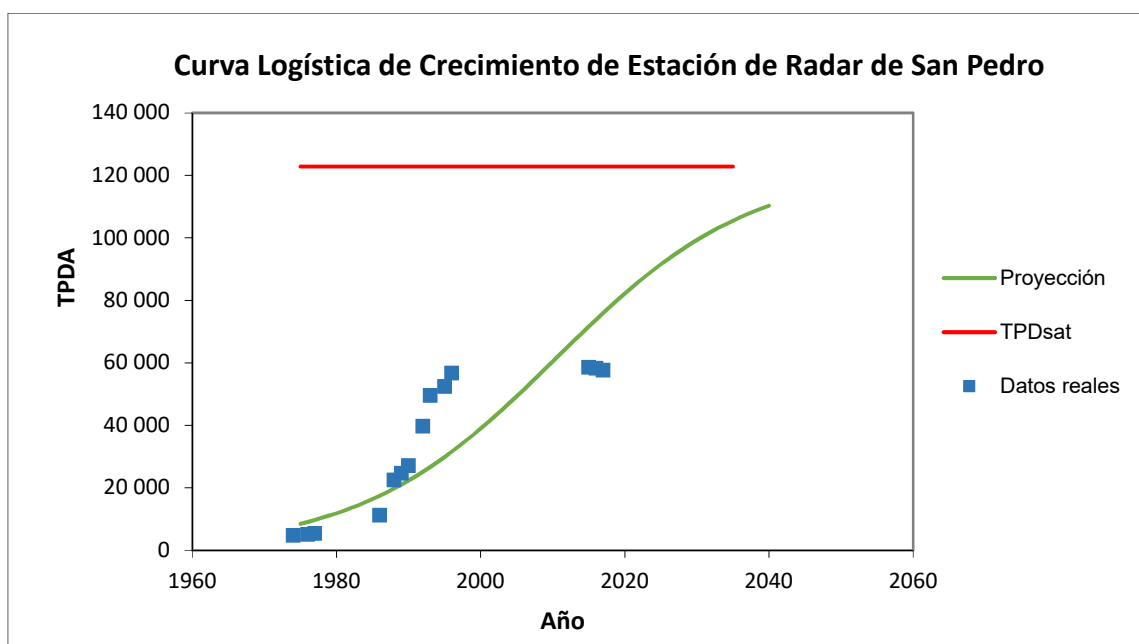


Figura 35: Curva de crecimiento de la estación de radar ubicada en San Pedro. Fuente: creación propia

De las gráficas anteriores se puede concluir que en los tramos donde están instalados los radares no han alcanzado el nivel de saturación en la capacidad de la carretera. Sin embargo, eso se logrará a corto y mediano plazo. Por ejemplo, se estima que después del año 2028 las estaciones de radar de San Sebastián y Parque de La Paz tengan un crecimiento anual menor al 1%. Para la estación

de Las Luisas se estima llegar a un crecimiento anual menor al 1% para el 2040, y en San Pedro para el 2036. Los volúmenes monitoreados por los radares son considerables, la geometría de algunos tramos de la carretera de circunvalación (poseer tres carriles), así como las condiciones relativamente planas a onduladas y la relativamente baja proporción de vehículos pesados hace que todavía disten algunos años para que se alcance las condiciones o síntomas de saturación.

4.2.3.3.2 Curvas de estaciones de monitoreo de tránsito del MOPT

Se muestran las curvas correspondientes a los tramos donde están las estaciones de conteo históricas del MOPT. No pertenecen a estaciones de monitoreo permanente, sino que corresponden a muestras de tránsito obtenidas por medio de conteo manual y expandidas a tránsito promedio diario anual. En este tipo de estaciones de conteo los técnicos toman una muestra de datos de tráfico con una duración entre 6 a 12 horas.

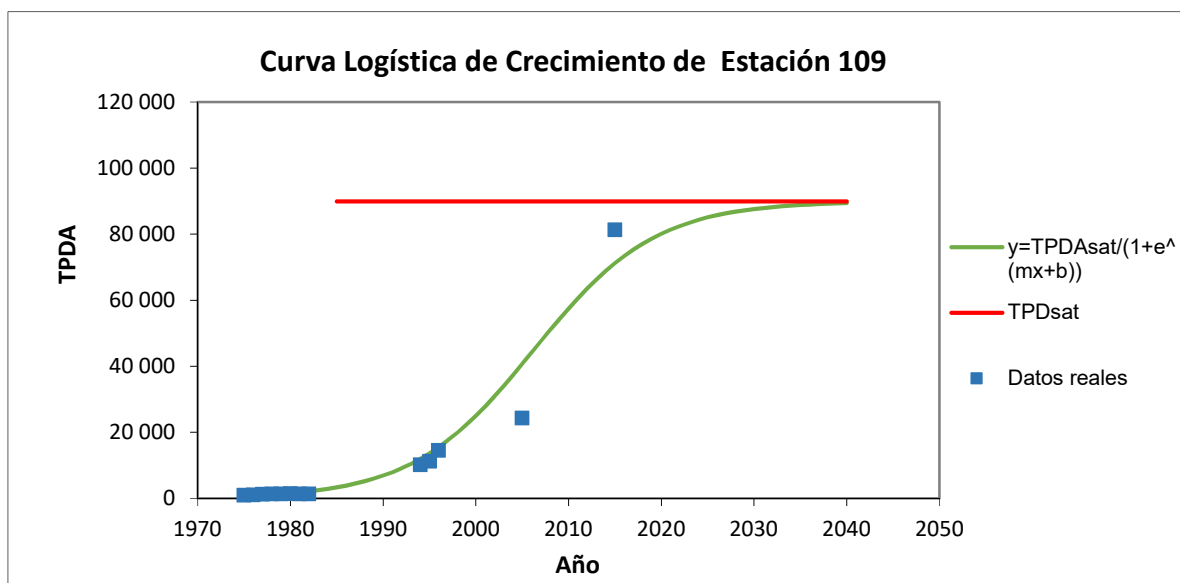


Figura 36: Curva logística de crecimiento de la estación 109, ubicada 200 m después del cruce con el Boulevard Rohrmoser (sentido Uruca- San José). Fuente: creación propia

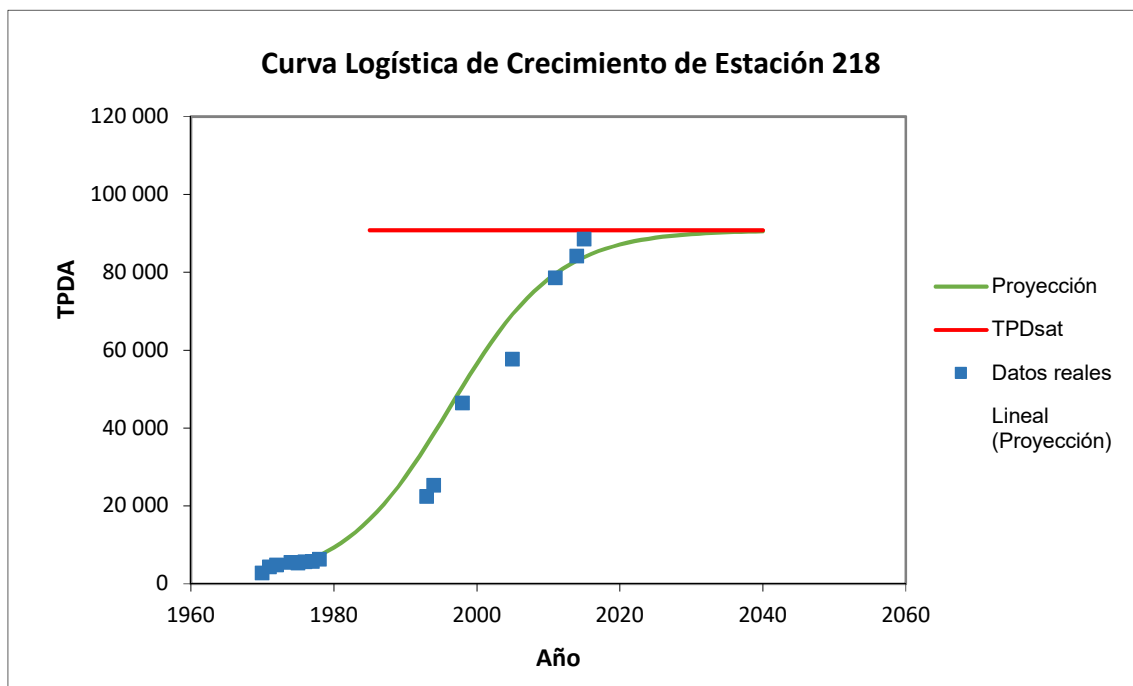


Figura 37: Curva logística de crecimiento de la estación 218, ubicada sobre el Puente Río María Aguilar.
Fuente: creación propia

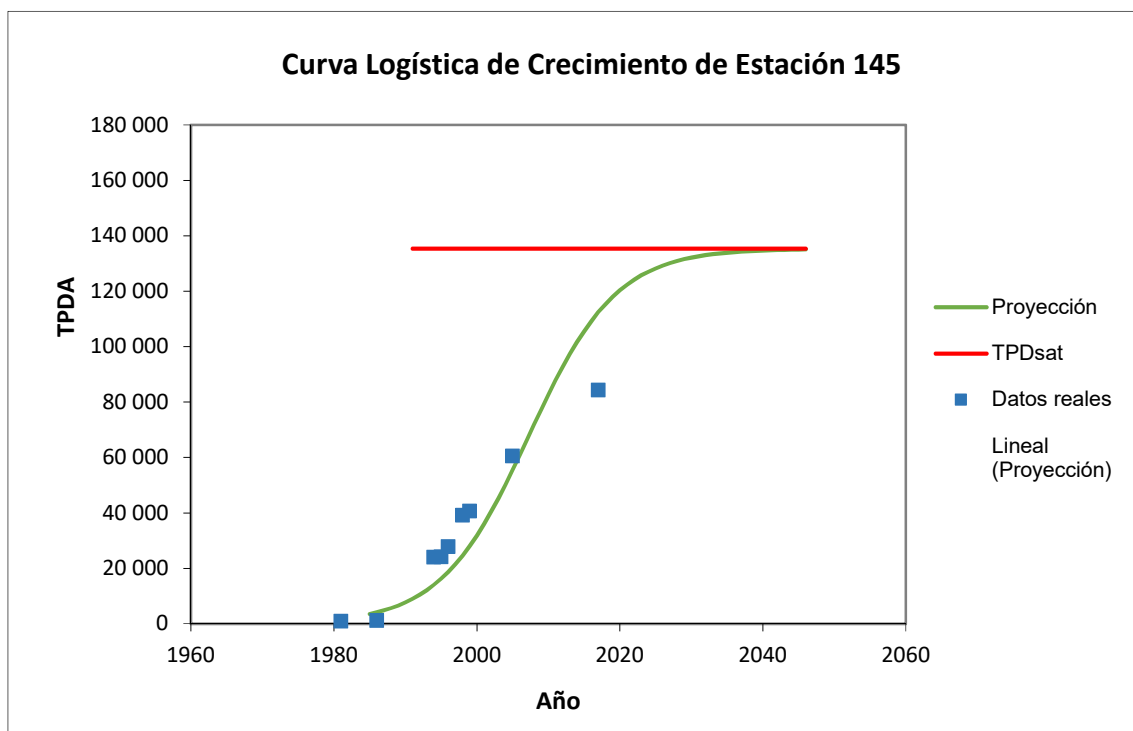


Figura 38: Curva logística de crecimiento de la estación 145, ubicada frente a Centro Comercial de Hatillo 2.
Fuente: creación propia

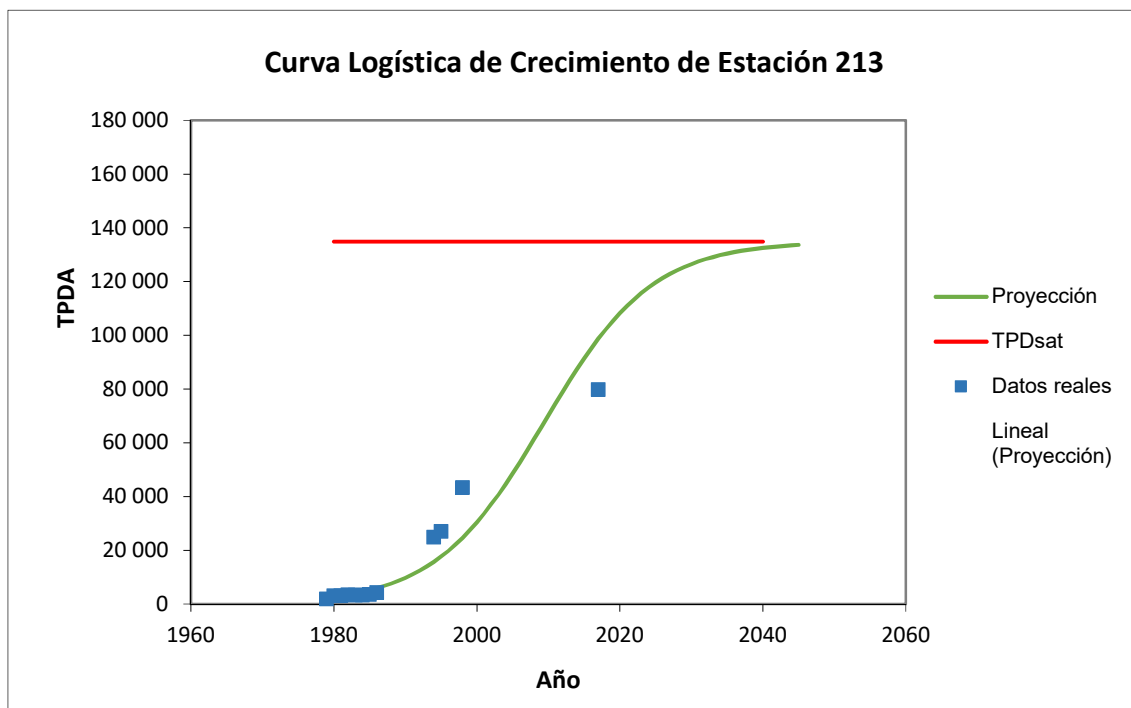


Figura 39: Curva logística de crecimiento de la estación 213, ubicada frente a la Plaza de Hatillo 3. Fuente: creación propia

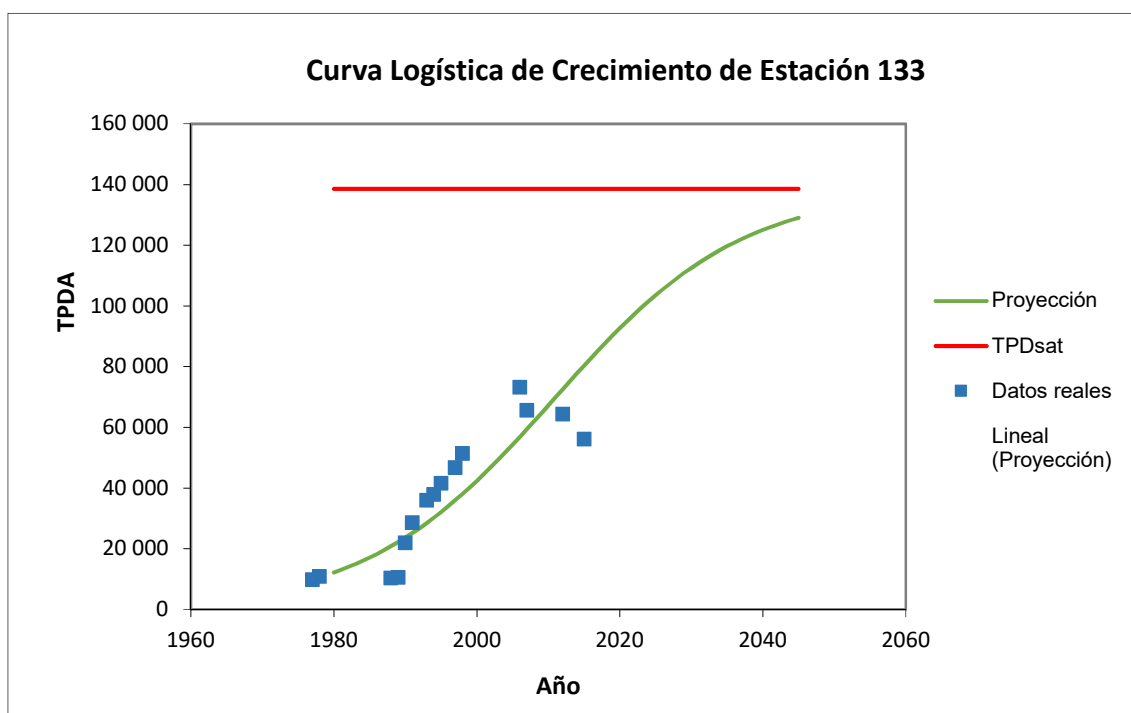


Figura 40: Curva logística de crecimiento de la estación 133, ubicada 200 m antes del cruce con Ruta 204 (sentido hacia San Pedro). Fuente: creación propia

De las gráficas anteriores se puede observar que estaciones como la 109 y 218 están ya cerca de la saturación. Estas estaciones de monitoreo están ubicadas en tramos de vía que tienen dos carriles por sentido, y ante la cantidad de tránsito que circula por ahí (entre los 81000 y 88000 vehículos diarios) ya tiene indicios de saturación. En cambio, el resto de estaciones todavía le

restan algunos años más para llegar a esas condiciones, aunque en ciertos días o períodos pico se podrían ver las condiciones de congestión vial. Es importante agregar que cada punto de conteo tiene sus características particulares de tránsito: velocidades, congestión la misma geometría del tramo de vía influyen en el comportamiento del tráfico, de ahí que se vean características diferentes en algunos puntos de conteo no tan lejanos entre sí.

Debido a que las estaciones de radar empezaron a operar hasta el 2015, no se tienen datos de tránsito anteriores a ese año para obtener la curva de crecimiento, ya que se alimenta de datos históricos para su estimación. Por eso se ligan las estaciones de radar con una de las estaciones que históricamente ha venido aforando el MOPT. En la siguiente tabla se muestra la estación que históricamente ha venido monitoreando el Ministerio ligada con una de las estaciones de radar.

Tabla 24: Estaciones de radar y estaciones históricas del MOPT

ESTACIÓN RADAR	DE ESTACIÓN DEL MOPT CON DATOS HISTÓRICOS
San Sebastián	Nº126
Parque La Paz	Nº126
Las Luisas	Nº209
San Pedro	Nº137

Fuente: creación propia del autor

La relación se realizó de acuerdo a su cercanía una de otra. Las estaciones de radar de San Sebastián, Las Luisas y San Pedro fue muy obvia la escogencia de su par, ya que una se ubica muy cerca de la otra. Precisamente, en el planeamiento del sistema de contadores de radar muchas localizaciones se eligieron muy cerca de estaciones de aforo que ha manejado el MOPT durante años para aprovechar esos datos. En el caso de la estación del Parque de La Paz, se eligió la estación 126 y no la 209, esta última se descartó porque tiene un volumen de tránsito muy diferente por el efecto de la rotonda de La Y Griega, la cual atrae a circunvalación los cuantiosos volúmenes que vienen de Plaza Viquez y Desamparados.

4.3 Asignación de datos de tránsito a un puente

Debido a que no siempre se cuenta con información de tránsito justamente en el punto de interés (cerca de un puente para efectos de este estudio), sino que la estación de radar o de conteo manual está localizada algunos cientos de metros o kilómetros de distancia, se procura asignarle un volumen lo más aproximado. Esto se realiza con base en observación del tránsito en el campo, y de acuerdo a la estación más cercana del sitio.

Tabla 25: Estaciones de conteo asociadas a un puente de la ruta en estudio

PUENTE	ESTACIÓN ASIGNADA
PSSR 1	109 y Estación radar de La Uruca
PSSR 27	109
Puente María Aguilar	218
PSSR 177	145
PSSR 110	126
PSSR 209	209 y Estación radar Parque La Paz
PSSR 2	Estación radar San Pedro y 137

**Las siglas PSSR se refiere a paso superior sobre ruta*

Fuente: creación propia del autor

De las curvas de crecimiento anteriores, se obtiene el tránsito estimado en el año de inicio de operación del puente. Como no se pudo medir el volumen en ese momento, se debe estimar el TPD con base en las citadas curvas logísticas.

Basados en lo anterior, se le han asignado los siguientes volúmenes de tránsito a los puentes:

Tabla 26: Estimados de tránsito promedio diario y porcentaje de pesados de los puentes sobre la Ruta 39

Puente	Año	TPDA	% PESADOS
PSSR 1	1994	10260	3.37%
	2015	33522	13.02%
	2017	40591	12.53%
PSSR 27	1990	4634	ND
	2015	81342	11.35%
	2017	86061	ND
PUENTE M^a AG.	2013	80930	ND
	2015	88585	10.47%
	2017	90187	ND
PSSR 177	2009	71527	ND
	2014	NE	ND
	2017	84430	10.59%
PSSR 110	2010	NE	ND
	2015	76680	10.47%
	2017	79970	14.42%
PSSR 209	2002	37308	ND
	2015	70666	8.41%
	2017	90794	6.63%
PSSR 02	1982	3739	ND
	2014	29274	6.24%
	2017	28789	4.69%

**NE: No estimado, no fue posible estimarlo por los métodos descritos. ND: No Disponible, no fue posible encontrar datos para ese año.*

Fuente: creación propia del autor

Del cuadro anterior se puede apreciar el incremento en los volúmenes de tránsito que circulan por la carretera de circunvalación. Estos datos consideran el volumen en ambas direcciones.

Se muestran los porcentajes de tránsito pesado (el tránsito pesado considerado abarca desde el camión de dos ejes hasta el camión articulado de seis ejes) que usan la ruta, mostrando porcentajes variados que rondan entre el 4.7 % y el 14.4% en el último año medido. Como no se pudo obtener datos de porcentajes de pesados de algunos años anteriores, sobre todo durante los años antes de la instalación de los contadores, se decide no considerarlos para el análisis de correlación. Sin embargo, el porcentaje de tránsito pesado es un interesante indicador para caracterizar el tipo de vehículos que transitan por esta ruta.

En los puentes que son paralelos, como es el caso del PSSR 2, PSSR 209, PSSR 110 y Puente María Aguilar, se distribuyeron los flujos en cada puente de acuerdo a la distribución porcentual indicada por los registros de volumen de tránsito de los radares. Esto es para no asignar la carga de tránsito de ambos sentidos en un solo puente. En los cuadros con los datos que se introducen en el programa Minitab para calcular la correlación, ya se considera ese aspecto. Para ver más detalles, se puede consultar en el Apéndice 7.3.

4.4 Correlación del tránsito promedio con la condición estructural

Para simplificar la presentación de las variables en la matriz, se utilizarán los siguientes nombres para representar los diferentes daños detectados.

Tabla 27: Nomenclatura y significado de las variables utilizadas en el análisis

Variable	Significado
Yc1	Sonidos extraños de la junta de expansión
Yc2	Filtración de aguas a través de la junta de expansión
Yc3	Faltante o deformación de la junta de expansión
Yc4	Movimiento vertical de la junta de expansión
Yc5	Junta obstruida
Yc6	Acero de refuerzo expuesto en la junta de expansión
Yd1	Grietas en una dirección en la losa
Yd2	Grietas en dos direcciones en la losa
Yd3	Descascaramiento en la losa
Yd6	Eflorescencia en la losa
Yd7	Agujeros en la losa
Ye1	Grietas en una dirección en la viga principal de concreto
Ye3	Descascaramiento de la viga principal de concreto
Ye5	Nidos de piedra en la viga principal de concreto
Ye6	Eflorescencia en la viga principal de concreto
Yf1	Grietas en una dirección en la viga diafragma de concreto
Yf3	Descascaramiento de la viga diafragma de concreto
Yf6	Eflorescencia en la viga diafragma de concreto

Fuente: creación propia del autor

4.4.1 Tablas

Tabla 28: Matriz con las variables de entrada

Puente	Año	TPD	Ye1	Ye2	Ye3	Ye4	Ye5	Ye6	Yd1	Yd2	Yd3	Yd6	Yd7	Ye1	Ye3	Ye5	Ye6	Yf1	Yf3	Yf6
PSSR 2	1982	3739	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 1	1994	10260	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2002	19400	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2002	17908	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 2	2014	29274	2	3	2	1	1	1	5	5	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
PSSR 1	2015	33522	1	3	1	1	5	1	5	5	2	2	3	1	2	1	2	1	3	1
PSSR 209	2015	36746	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2015	33920	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1
PSSR 1	2017	40591	3	3	4	2	5	4	5	5	2	2	3	2	2	1	2	2	3	2
PSSR 2	2017	28789	2	4	2	1	2	2	5	5	2	2	1	2	1	1	4	2	1	2
PSSR 209	2017	47213	3	2	1	2	2	2	5	5	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2
PSSR 209	2017	43581	2	1	1	1	1	1	5	5	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2

Fuente: creación propia del autor

Tabla 29. Matriz elaborada con las variables de entrada

Puente	Año	TPD	Ye1	Ye3	Ye5	Ye6
PSSR 2	1982	3739	1	1	1	1
PSSR 27	1990	4634	1	1	1	1
PSSR 1	1994	10260	1	1	1	1
PSSR 209	2002	19400	1	1	1	1
PSSR 209	2002	17908	1	1	1	1
PSSR 2	2014	29274	1	1	1	2
PSSR 1	2015	33522	1	2	1	2
PSSR 209	2015	36746	2	1	1	1
PSSR 209	2015	33920	2	1	2	2
PSSR 27	2015	81342	1	1	1	2
PSSR 1	2017	40591	2	2	1	2
PSSR 209	2017	47213	2	1	1	2
PSSR 209	2017	43581	2	1	2	2
PSSR 2	2017	28789	2	1	1	4
PSSR 27	2017	86061	3	1	1	2

Fuente: creación propia del autor

4.4.2 Resultados de la correlación

Los resultados que se muestran a continuación corresponden a los de la matriz de la Tabla 29. Los correspondientes a la matriz de la Tabla 28 no nos arrojaron resultados los suficientemente buenos, según el programa Minitab. En el apéndice 7.3 se puede ver con más detalle.

Análisis de Varianza

Tabla 30: Resultados del análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	4	3074028737	768507184	1.52	0.269
Ye1	1	1888512036	1888512036	3.74	0.082
Ye3	1	2541626	2541626	0.01	0.945
Ye5	1	87765233	87765233	0.17	0.686
Ye6	1	143924187	143924187	0.28	0.605
Error	10	5055212685	505521268		
Falta de ajuste	4	3441103139	860275785	3.20	0.099
Error puro	6	1614109546	269018258		
Total	14	8129241422			

Resumen del modelo

Tabla 31: Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
22483.8	37.81%	12.94%	0.00%

Coeficientes

Tabla 32: Coeficientes obtenidos del análisis de correlación

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	1620	31708	0.05	0.960	
Ye1	20962	10845	1.93	0.082	1.33
Ye3	1243	17527	0.07	0.945	1.05
Ye5	-7544	18106	-0.42	0.686	1.12
Ye6	4526	8482	0.53	0.605	1.27

En el análisis que realiza Minitab para hacer la regresión, descarta una gran cantidad de variables que se habían introducido en la matriz de entrada, dejando únicamente las variables predictoras denominadas Ye1, Ye3, Ye5 y Ye6. Estas corresponden en ese orden a las grietas en una dirección, descascaramiento, nido de piedra y eflorescencia; todos esos daños pertenecientes a la viga principal de concreto. Todas las demás variables fueron descartadas por el programa.

De la tabla del análisis de varianza, es importante destacar los valores de p obtenidos en el modelo. Como se puede observar del cuadro, todos los valores de p son mayores al valor de significancia del 5%. Esto significa que la asociación no es estadísticamente significativa. Es decir, no se puede concluir que haya una asociación estadísticamente significativa entre la variable respuesta y el término. En otras palabras, no se puede decir que los cambios en el predictor (las variables asociadas a los daños) están estadísticamente asociados con cambios en la respuesta (Tránsito Promedio Diario).

En el cuadro del resumen del modelo, se aprecian los diferentes valores de r cuadrado obtenidos. De acuerdo a los resultados, el valor del R cuadrado obtenido el modelo explica en un 37.81% la variación en la respuesta. Sin embargo, se había visto en la parte teórica de este estudio que es más fiable tomar en consideración el valor del R^2 ajustado al no verse afectada por variables agregadas que no aportan al modelo y que sobrestiman el valor de R . El valor obtenido de R^2 ajustado fue de 12.94%, el cual es bajo. Con esos valores relativamente bajos de R , indica que el modelo no se ajusta relativamente bien a los datos y de ahí deriva que no se pueda explicar en alta medida la variación que se tiene en la respuesta.

El R cuadrado predictivo es cero. Esto indica que el modelo no es capaz de predecir con los datos disponibles el tránsito promedio diario con el cual se manifestarán las variables de daño en estudio.

Estos datos indican con suficiente certeza lo anterior y, sin embargo, hay otros indicadores que nos lo confirman.

En el cuadro de coeficientes, se observa que los factores de inflación de la varianza (FIV) muestran todos valores entre 1.05 y 1.27 indicando que las variables están moderadamente correlacionadas entre sí. No descarta la relación, pero tampoco la afirma en forma contundente. Probablemente se requerirían más y mejores datos para poder afirmarlo.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los puentes pertenecientes a la carretera de circunvalación, presentan principalmente algunos daños característicos del desgaste por la exposición a la humedad y al deterioro por el paso de los vehículos. Lo primero se puede fundamentar en los deterioros detectados y que se manifiestan a

través de la eflorescencia en algunos elementos como la losa, vigas principales, viga diafragma y vigas cabezal de los puentes. Si bien es cierto no se manifiestan en todos los elementos de los puentes al mismo tiempo, esto podría irse extendiendo si no hay intervención en el mantenimiento. Respecto al deterioro por el paso de vehículos, esto se evidencia ante la existencia de algunos surcos en el pavimento, especialmente en los puentes que tienen su superficie cubierta de asfalto. Las juntas de expansión es otro de los elementos que sufre por el paso de los vehículos y en este estudio se ha detectado su afectación en 4 de los 9 puentes que se analizaron. En algunos casos se puede notar que el deterioro en la junta provoca los daños por humedad en los elementos que componen la superestructura del puente.

El tránsito de la ruta de circunvalación presenta en general características de tránsito urbano de una ruta primaria, la cual se encarga de distribuir el tránsito bordeando el centro de San José. La distribución horaria del tránsito en cada una de las estaciones muestra los típicos incrementos en el tránsito a partir de las 6 am y disminuyendo a partir de las 4 de la tarde.

El tránsito de camiones presenta características parecidas, excepto que por medio de las gráficas se observa que el pico empieza una hora antes durante la mañana y disminuye igualmente una hora antes al promedio general de vehículos detectados en los equipos. Las tendencias a través de los años monitoreados muestran similitudes.

En la distribución del tránsito semanal, el comportamiento es también el usual de una ruta urbana donde los días entre semana muestran comportamiento similar en el tráfico, los viernes mostrando una ligera variación hacia arriba del resto de días. Sin embargo, destacar que, en tres de las cinco estaciones, el sábado muestra un comportamiento donde el tráfico es mayor al resto de los días. Esto se podría deber a que las estaciones de Parque de La Paz, Las Luisas y San Pedro están en ruta de destino a zonas comerciales donde los josefinos realizan sus mandados o tareas que destinan para un día sábado que además está exento de la restricción vehicular. Sin embargo, se requerirían estudios más exhaustivos para determinar las razones de este comportamiento. Por otro lado, los camiones muestran un comportamiento similar en sus recorridos de lunes a viernes, y disminuyen su circulación de manera significativa los sábados y domingos.

El porcentaje de camiones en la ruta en cuestión, muestra que la mayor parte del tránsito lo componen automóviles (entre un 85 y 95%), y el resto lo integran los buses y camiones. Esto es una ventaja para los puentes ya que, al estar el tráfico compuesto en su mayoría por autos livianos, no se ven expuestos a las altas cargas que sufren otras rutas como la interamericana Sur o la vía a Limón. No se pudo demostrar en este estudio esa relación entre proporción de pesados y daños, ante los vacíos de información histórica.

Mediante el análisis del crecimiento, tanto de las estaciones de radar como de las estaciones históricas aforadas por el MOPT, de las primeras la estación permanente localizada en Parque de la Paz es la más cercana a la saturación, aunque distan unos años para llegar a esa condición. Todas las estaciones de radar tienen ya un volumen considerable, mostrando en las gráficas que ya se ha alcanzado el punto de inflexión de la curva y que lleva hacia una paulatina disminución de la tasa de crecimiento vehicular. Si bien es cierto en horas pico el usuario puede llegar a sufrir grandes colas, sintiendo que ya se ha llegado a la capacidad máxima, las colas se deben más que todo al efecto producto de las intersecciones semaforizadas o de las rotondas cuyo efecto se siente a cientos de metros de esos puntos.

Del análisis de los datos obtenidos del modelo de regresión para evaluar el deterioro de los puentes de la ruta de circunvalación en función del tránsito promedio diario se puede concluir lo siguiente:

No se logra establecer mediante los métodos de regresión una correlación entre el tránsito promedio diario y los daños en los puentes.

Los datos históricos disponibles de variables de daños de los puentes no ayudan a predecir las variaciones futuras respecto al tránsito promedio diario. Se requieren más años de información, y probablemente incluir más indicadores. Entre esos indicadores se podrían citar cargas de tránsito, y deformaciones en la losa.

La información de daños recolectada requiere más datos históricos. Los datos disponibles dan aun así una noción de lo que está sucediendo, ya que en muchas de las variables recolectadas se puede apreciar que algunos daños se van agudizando con el pasar del tiempo. Sin embargo, aparentan no ser suficientes para poder demostrar esa variación en la línea de tiempo. Lo mismo se podría decir de los valores de Tránsito Promedio Diario, al carecer de registros completos a lo largo de los años se trató mediante curvas de crecimiento estimar algunos volúmenes, lo cual no siempre resultó ante la dispersión que mostraban en la gráfica. Aun así, se ha visto que mediante la metodología empleada en este estudio se puede pronosticar el crecimiento aproximado del tránsito.

5.2 Recomendaciones

Del apartado anterior se extrae que no se logra obtener una correlación lo suficientemente buena para demostrar la relación entre las diferentes variables de daños detectados en los puentes y el tránsito promedio diario que pasa a través de ellos. Sin embargo, importantes cosas se pueden rescatar de esos resultados, y de ahí la importancia de dar algunas recomendaciones para poder continuar este esfuerzo realizado en la investigación.

Basados en los resultados de este estudio, instituciones como el MOPT y el Tecnológico de Costa Rica podrían empezar a formar una base de datos de varios puentes con información que comprenda la de daños atribuidos al desgaste, y de muestras de tránsito promedio junto con su clasificación vehicular. Precisamente este estudio careció de datos de varios años de inventarios que se pudieron realizar justo después de que empezaran a operar las estructuras.

Con ayuda de las instituciones a cargo del mantenimiento de puentes, empezar a registrar los diferentes tipos de mantenimiento que se le dan. En conjunto con ellos se puede elaborar un formulario para registrar las actividades de mantenimiento, costos y por supuesto los años en que se realizan. Esta información alimentaría la base de datos que se utilizaría para elaborar un modelo, y con base en este realizar un pronóstico.

Es muy importante incluir mediciones de volúmenes de tránsito promedio diario que acompañen los reportes de daños que se realizan en los puentes. Estos aforos deben realizarse con amplias muestras de datos de tránsito obtenidos preferiblemente durante varios días, y de diferentes años con una clasificación vehicular que se desglose de acuerdo a las necesidades de información. Se recomienda obtener de esos datos recopilados la proporción de tránsito pesado respecto al total, e irlo registrando cada vez que se haga levantamiento de información.

Integrar la utilización de otras tecnologías, como la de medición de deformaciones en la losa de rodamiento, con el fin de poder monitorear los efectos del tránsito pesado. Esta información se debe complementar con la recopilada por las estaciones de pesaje administradas por el Consejo Nacional de Vialidad. Asimismo, incluir equipos de medición de pesos de camiones, del tipo WIM (*Weight in Motion*, o pesaje en movimiento), los cuales se colocan temporalmente en el pavimento y registran las cargas de cada eje. Esta información de pesos en el sitio se complementa con la de los volúmenes y deformaciones en la losa debido a las cargas.

Con una base de datos robusta, se podría contar con una gran cantidad de datos y de diversa variedad, con lo que se puede empezar a seleccionar la información que sería útil para diseñar un modelo y probarlo en una regresión. De esa regresión, se podría pronosticar el comportamiento aproximado de la estructura de acuerdo a las condiciones de tránsito, y mantenimiento de los puentes.

CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA). (2007). *Repositorio MOPT*. Obtenido de <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/123456789/409>
- Álvarez Sánchez, L. G. (2014). Evaluación de la capacidad de carga viva vehicular en puentes de Costa Rica. *Congreso de Ingeniería Civil, CIC 2014*, (pág. 14). San José.
- American Association of State Highway and Transportation. (2009). *AASHTO Guidelines for Traffic Data Programs*. Washington DC, United States of America.
- Contraloría General de la República. (2015). *Informe de la auditoría especial sobre la gestión relacionada con puentes de la red vial nacional*. Contraloría General de la República, División de Fiscalización Operativa y Evaluativa, San José. Recuperado el Noviembre de 2017, de https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs_cgr/2015/SIGYD_D_2015008365.pdf
- Federal Highway Administration. (October de 2016). *FHWA*. Recuperado el Febrero de 2018, de Federal Highway Administration: https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/tmguid/tmg_fhwa_pl_17_003.pdf
- Gestión Tecnológica. (2014). *Eventos históricos en infraestructura y transportes 1857 -2014*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección de Planificación Sectorial, San José. Recuperado el Setiembre de 2018
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México DF, México: Mc Graw Hill.
- Hines, W., & Montgomery, D. C. (1996). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración*. México: Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.
- Kutner, M. H., & Neter, J. (2005). *Applied linear statistical models* (Vol. Quinto). New York, EEUU: Mc Graw- Hill. Recuperado el Agosto de 2018
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (Enero de 2007). *Manual de Inspección de Puentes*. Recuperado el Diciembre de 2017, de https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/31625228-76c4-44cf-963e-8d8b31540a79/manual_inspeccion2007.pdf
- Ministerio Obras Públicas y Transportes. (2002). *Carretera de Circunvalación- Antecedentes*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección de Planificación, San José. Recuperado el Julio de 2018
- Montgomery, D., & Runger, G. (2003). *Applied statistics and probability for engineers*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- MOPT. (25 de Mayo de 2017). *Ministerio de Obras Públicas y Transportes*. Obtenido de <https://www.mopt.go.cr/wps/portal/Home>
- Rojo Abuín, J. M. (2007). *Humanidades*. Recuperado el Julio de 2018, de http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web_UAE/tutoriales/PDF/Regresion_lineal_multiple_3.pdf
- Transport Research Board. (1985). *Highway Capacity Manual*. Washington DC.

- Transport Research Board. (2010). *Highway Capacity Manual* (Vol. 2 Uninterrupted Flow). Washington DC. Obtenido de www.trb.org
- Transportation Research Board. (1995). *Manual de Capacidad de Carreteras* (Tercera ed.). Madrid, España: Asociación Técnica de Carreteras.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. México: Pearson.

CAPÍTULO 7. APÉNDICE

7.1 Ubicación de las estaciones de radar y de conteo de tránsito

UBICACIÓN DE LOS PUENTES, ESTACIONES DE RADAR Y ESTACIONES DE CONTEOS HISTÓRICAS A LO LARGO DE LA RUTA 39

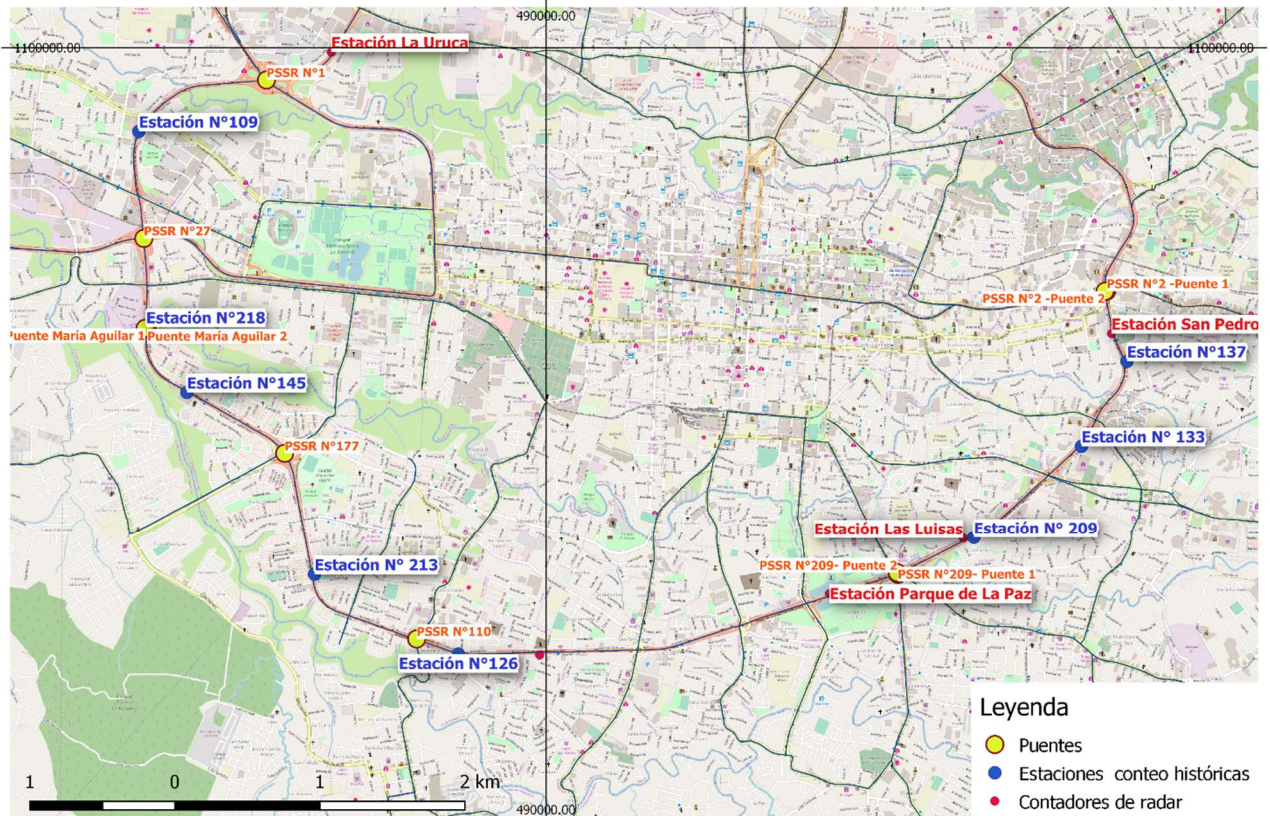


Figura 41: Mapa de la carretera de circunvalación con la ubicación de los puntos de conteo. Fuente: creación propia

MAPA DEL SECTOR NOROESTE DE RUTA 39

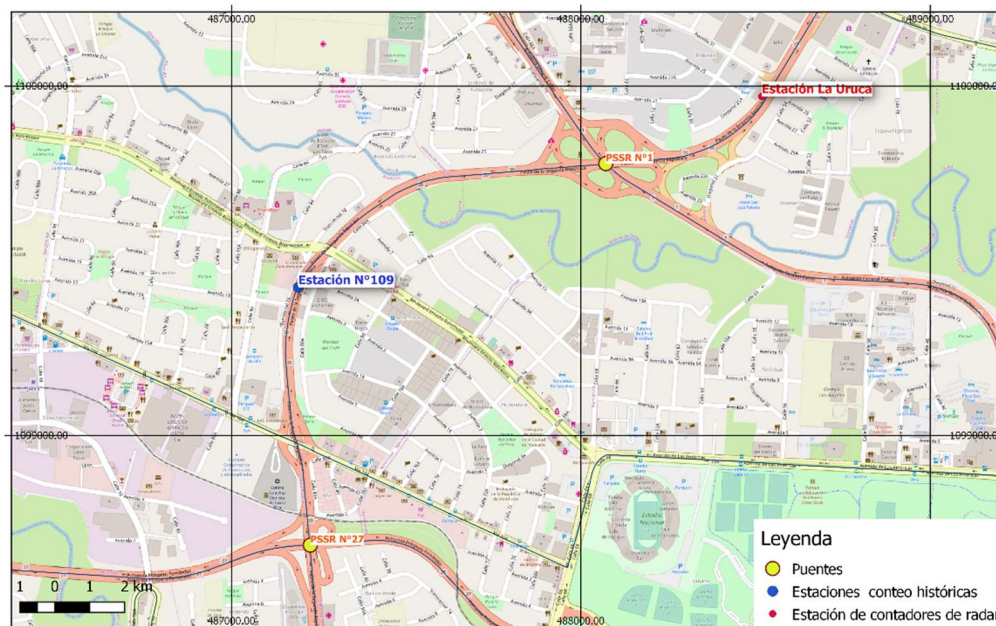


Figura 42: Mapa con la localización de estación de radar y punto de conteo en sector Noreste de circunvalación. Fuente: creación propia

MAPA DEL SECTOR ESTE DE CIRCUNVALACIÓN O RUTA 39

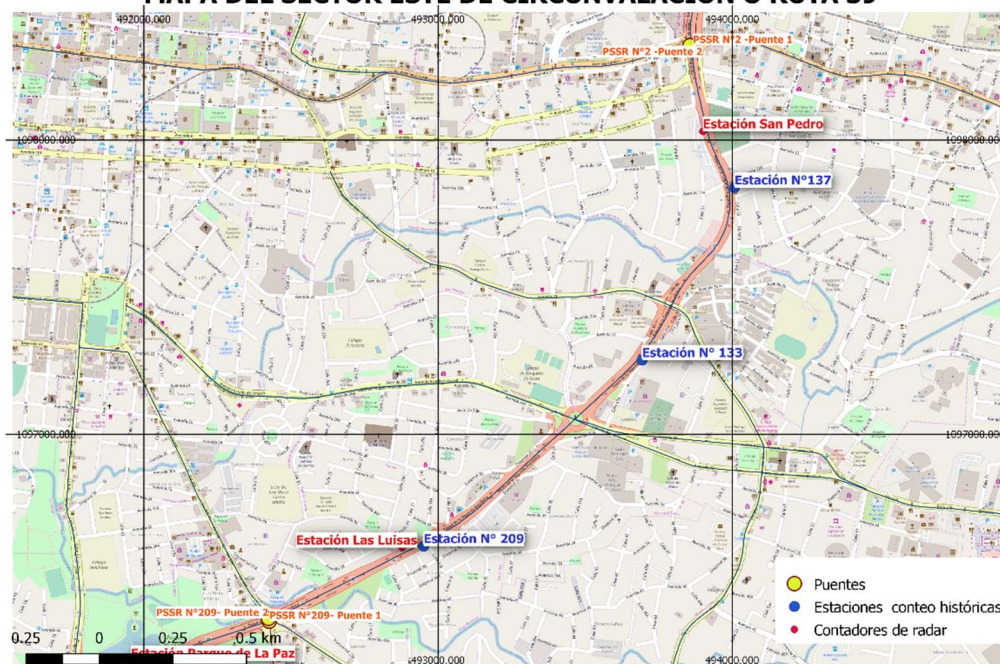


Figura 43: Mapa con localización de estaciones de radar y puntos de conteo en sector Este de la ruta 39. Fuente: creación propia.

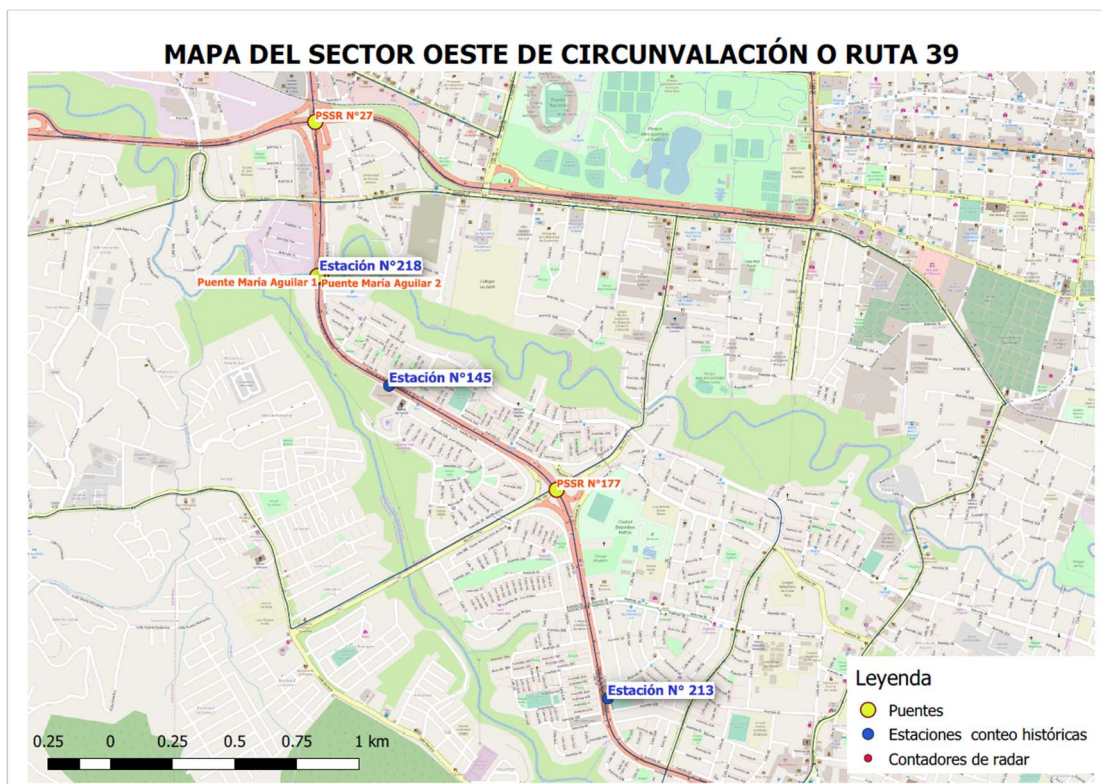


Figura 44: Mapa con la ubicación de los puntos de conteo en el sector oeste de Ruta 39. Fuente: creación propia

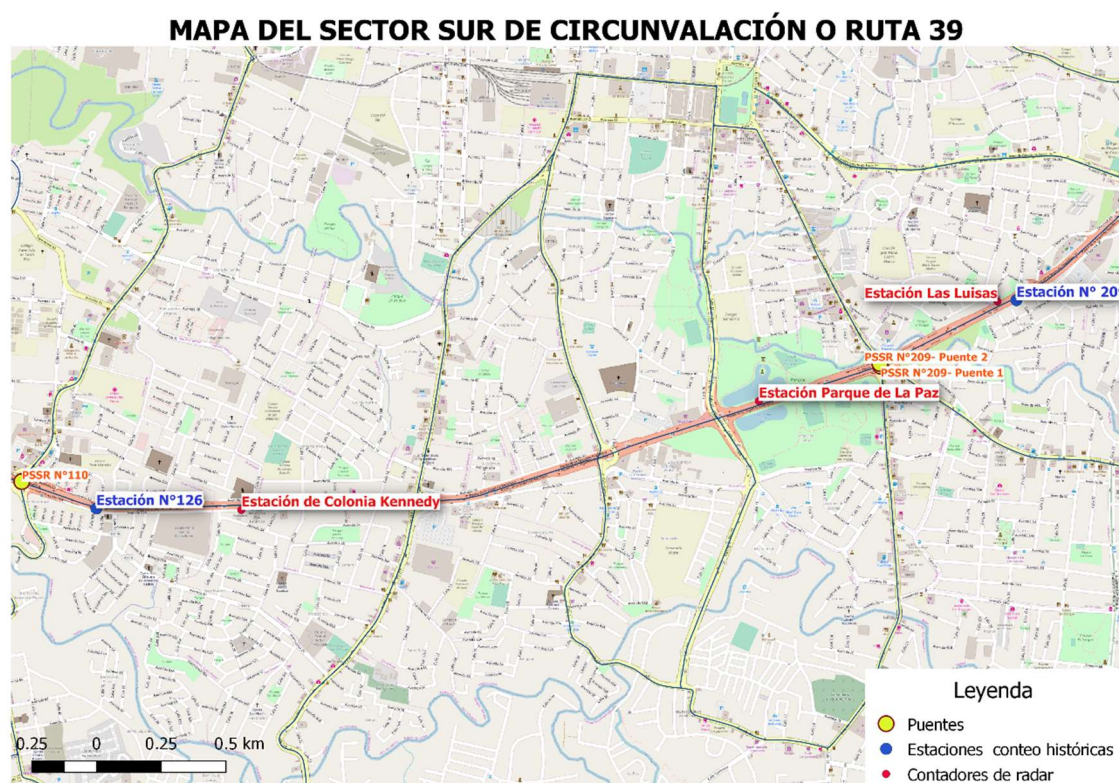


Figura 45: Mapa con la ubicación de estaciones de radar y puntos de conteo en el sector sur de Ruta 39. Fuente: creación propia

7.2 Inventario de daños en los puentes de la ruta 39

En este apartado se adjuntan las boletas de inspección de los puentes parte de este estudio, realizado el 29 de agosto de 2017.

Las inspecciones se realizaron con el apoyo del programa eBridge del Tecnológico de Costa Rica, y en compañía del Ing. Gerardo Páez parte del mismo programa.

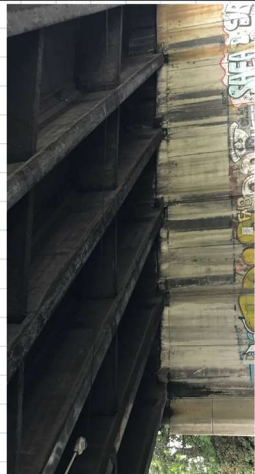
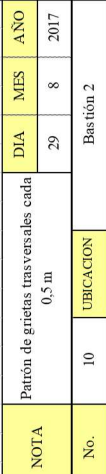
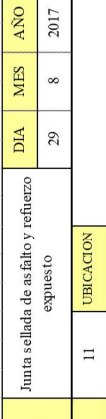
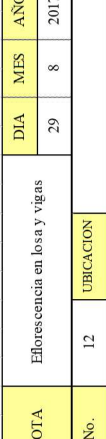
INVENTARIO DE DAÑOS EN PASO SUPERIOR SOBRE RUTA 1

DIRECCION DE PUENTES

INSPECCION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)

PSR 1				No. DE SUPERESTRUCTURA					
NOMBRE DEL PUENTE	CLASIFICACION RUTA	Nacional	LOCALIZACION	PROVINCIA	ENCARGADO	FECHA DE DISEÑO	DIA	MES	AÑO
RUTA N° 39	0.870	km		San José	*	45.474	-	-	-
KILOMETRO	0.870	km		San José	*	30.788	-	-	-
COMENTARIOS									
TIPO DE DAÑO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DEL DAÑO									
1. PAVIMENTO	ITEM 1. ONDULACIÓN	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO				
2. BARANDA	ITEM 1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE					
3. BARANDA (ACERO)	ITEM 1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTANTE						
4. JUNTA DE EXPANSIÓN	ITEM 1. SONIDOS EXTRAÑOS	2. FILTRACIÓN DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUÍDAS	6. ACERO DE REFUERZO			
5. LOSA	ITEM 1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. AGUJEROS		
6. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM 1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. PERDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACA				
7. SISTEMA DE ARROSTRAMIENTO	ITEM 1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. ROTURA DE CONEXIONES (UNIONES)	5. ROTURA DE ELEMENTOS				
8. PINTURA	ITEM 1. DECOLORACIÓN	2. AMPOLLAS	3. DESCASCARAMIENTO						
9. VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	ITEM 1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA			
10. VIGA DIAFRAGMA DE CONCRETO	ITEM 1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA			
11. APOYOS	ITEM 1. ROTURA DE PERNOS (APOYOS)	2. DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3. INCLINACIÓN	4. DESPLAZAMIENTO					
12. VIGA CABLEZAL Y ALTERNOS (BASTIÓN)	ITEM 1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA			
13. CUERPO PRINCIPAL (BASTIÓN)	ITEM 1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA			
14. MARTILLO (PILA)	ITEM 1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA			
15. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM 1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA			
EVALUACIÓN									
EVALUACIÓN						GRADO DEL DAÑO		SOCAVACIÓN	
1						Ningún daño visible		No se observa socavación	
2						En pocos lugares		No aplica	
3						En muchos lugares		Se observa socavación pero no se extiende a la fundación	
4						En menos de la mitad		No aplica	
5						En la mayoría de las partes		La fundación aparece por la socavación	
FECHA DE INSPECCIÓN						NOMBRE DE INSPECTOR		FIRMA	
29						8		2017	
JCZUÑIGA									

DIRECCION DE PUENTES												NO.		3		/		3					
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)																							
NOMBRE DEL PUENTE		PSSRI		PROVINCIA		ENCARGADO		No.		9		UBICACION		Losa									
RUTA N°		CLASIFICACION RUTA		LOCALIZACION		CANTON		LATTUD NORTE		50		FECHA DE DISEÑO		DIA		MES		AÑO					
KILOMETRO		27.181		km		DISTRITO		LONGITUD OESTE		83		FECHA DE CONSTRUCCION		-		-		-					
No.		7		UBICACION		Losa		No.		8		UBICACION		Junta		No.		9		UBICACION			
NOTA		Patrón de grietas transversales cada 0,5 m		DIA		MES		AÑO		29		8		2017		Junta sellada de asfalto y refuerzo expuesto		DIA		MES		AÑO	
No.		10		UBICACION		Bastión 2		No.		11		UBICACION		No.		12		UBICACION		No.		12	
NOTA		Humedad en bastiones y eflorescencia		DIA		MES		AÑO		29		8		2017		Eflorescencia en losa y vigas		DIA		MES		AÑO	
No.		10		UBICACION		Bastión 2		No.		11		UBICACION		No.		12		UBICACION		No.		12	
NOTA		Eflorescencia en losa y vigas		DIA		MES		AÑO		29		8		2017		Eflorescencia en losa y vigas		DIA		MES		AÑO	
No.		10		UBICACION		Bastión 2		No.		11		UBICACION		No.		12		UBICACION		No.		12	
NOTA		Humedad en bastiones y eflorescencia		DIA		MES		AÑO		29		8		2017		Eflorescencia en losa y vigas		DIA		MES		AÑO	
No.		10		UBICACION		Bastión 2		No.		11		UBICACION		No.		12		UBICACION		No.		12	
NOTA		Eflorescencia en losa y vigas		DIA		MES		AÑO		29		8		2017		Eflorescencia en losa y vigas		DIA		MES		AÑO	
No.		10		UBICACION		Bastión 2		No.		11		UBICACION		No.		12		UBICACION		No.		12	
NOTA		Eflorescencia en losa y vigas		DIA		MES		AÑO		29		8		2017		Eflorescencia en losa y vigas		DIA		MES		AÑO	



OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN

1. Se observan filtraciones en viga cabezal de más del 50%, debido a la junta expansión
2. Junta en bastiones totalmente deformada
3. Hay pedazos faltantes de platina
4. Hay sonido fuerte ante el paso de vehículos en la junta cerca de bastión 2
5. Baches de hasta 70 cm presentes en el pavimento
6. Las losas de aproximación presentan muchas grietas en dos direcciones
7. Acero de refuerzo expuesto en baranda cerca de carril en sentido Uruca- Pavas
8. Grietas transversales cada 15 cm en carril con sentido Uruca- Pavas
9. Abrasión de losa en tramos de carril con sentido Uruca- Pavas
10. Ambas juntas de expansión del puente tienen total obstrucción
11. Se observa filtración en el 50% de vigas cabezal de ambos bastiones
12. Se observa grietas en dos direcciones en la losa vista por debajo del puente

INVENTARIO DE DAÑOS EN PASO SUPERIOR SOBRE RUTA 2

DIRECCION DE PUENTES

INSPECCION DE Puentes (GRADO DE DAÑO)

NOMBRE DEL PUENTE	PSR 2		LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	ENCARGADO	Zona 1-1 San José		DÍA	MES	AÑO
	CLASIFICACIÓN RUTA	Nacional				CANTON	LATITUD NORTE			
URUTA N°	39			Montes de Oca		9 ° 55 ' -		-	-	-
KILOMETRO	12.800	km		DISTRITO		84 ° 3 ' -		-	-	1978
COMENTARIOS										
TIPO DE DAÑO Y REEVALUACIÓN DEL GRADO DEL DAÑO										
ITEM 1. PAVIMENTO	1. ONDULACIÓN	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECAPAS DE ASFALTO					
ITEM 2. BARANDA (ACERO)	1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE						
ITEM 3. BARANDA (CONCRETO)	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTANTE							
ITEM 4. JUNTA DE EXPANSIÓN	1. SONIDOS EXTRANOS	2. ELIMINACIÓN DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUIDAS	6. ACERO DE REFUERZO				
ITEM 5. LOSA	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	7. AGUJEROS				
ITEM 6. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. PERDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACA	2				
ITEM 7. SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. ROTURA DE CONJUNTOS (UNIONIS)	5. ROTURA DE ELEMENTOS					
ITEM 8. PINTURA	1. DECOLORACIÓN	2. AMPOLLAS	3. DESCASCAMIENTO							
ITEM 9. VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA				
ITEM 10. VIGA DIAFRAGMA DE CONCRETO	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA				
ITEM 11. APOYOS	1. ROTURA DE PERNOS (APOYOS)	2. DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3. INCLINACIÓN	4. DESPLAZAMIENTO		2				
ITEM 12. CARGAL Y ALITONES (BASTÓN)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	Pila 1			
ITEM 13. CUERPO PRINCIPAL (BASTÓN)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. PROTECCIÓN DE TALUD			
ITEM 14. MARTILLO (PILA)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. INCLINACIÓN			
ITEM 15. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. INCLINACIÓN			
EVALUACIÓN						GRADO DEL DAÑO		SOCAVACIÓN		
1						Ningún dato visible		No se observa socavación		
2						En pocos lugares		No aplica		
3						En muchos Lugares		Se observa socavación pero no se extiende a la fundación		
4						En menos de la mitad		No aplica		
5						En la mayoría de las partes		La fundación aparece por la socavación		
FECHA N°						NOMBRE DE INSPECTOR		FIRMA		
29						8		2017		JC ZUÑIGA

DIRECCION DE PUENTES												NO.			2			/			3		
INSPECCION DE PUENTES(POTOS)																							
NOMBRE DEL PUENTE		PSSR 2		PROVINCIA		San José		ENCARGADO		*		DIA		MES		AÑO							
RUTA N°		CLASIFICACION RUTA		LOCALIZACION		CANTON		LATITUD NORTE		9		50		3.6		FECHA DE DISEÑO							
KILOMETRO		27.181		km		DISTRITO		LONGITUD OESTE		83		57		5.01		FECHA DE CONSTRUCCION							
No.	1	UBICACION	Baranda de concreto		No.	2	UBICACION	Junta de expansión		No.	3	UBICACION	Losa de concreto										
NOTA		Exposición de pernos y su corrosión		DIA		MES		AÑO		NOTA		Grieta transversal en losa		DIA		MES		AÑO					
		29		8		2017		xxxxxxx		29		8		2017		29		8		2017			
No.	4	UBICACION	Vigas principales		No.	5	UBICACION	Bastión 1		No.	6	UBICACION	Apoyos en columnas intermedias										
NOTA		Eflorescencia		DIA		MES		AÑO		NOTA		Humedad y vegetación		DIA		MES		AÑO					
		29		8		2017		NOTA		29		8		2017		29		8		2017			

DIRECCION DE PUENTES										NO. 3 / 3			
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)													
NOMBRE DEL PUENTE	PSSR 2				PROVINCIA	Cartago	*	ENCARGADO	-	*			
CLASIFICACION RUTA	39	Nacional	*	LOCALIZACION	CANTON	Guarco	*	LATITUD NORTE	9	"	50	"	3.6
KILOMETRO	27.181	km			DISTRITO	Tejar	*	LONGITUD OESTE	83	"	57	"	5.01
No.	7	UBICACION	Losa aproximación		No.	8	UBICACION	Losa de puente		No.	9	UBICACION	
													
NOTA	Grietas y desprendimiento		DIA	MES	AÑO	NOTA		Grietas en dos direcciones		DIA	MES	AÑO	
			29	8	2017					29	8	2017	
						NOTA		NOTA					

OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN

1. En la Junta dentada (Norte), se observa roto el canal protector de agua y por lo tanto se filtra agua al bastión
2. Losa de aproximación fracturada en muchas partes, con desprendimientos, y baches con asfalto
3. Grietas en dos direcciones en la superficie de la losa
4. Eflorescencia en las vigas
5. Los apoyos están empotrados en los extremos del puente
6. Grietas transversales vistas debajo de la losa
7. Apoyos de neopreno en los apoyos intermedios, en buen estado
8. Filtración del agua en más del 50% de la viga cabezal en ambos extremos, por grietas en losa aproximación y por juntas en mal estado
9. Drenajes obstruidos por basura

INVENTARIO DE DAÑOS EN PASO SUPERIOR SOBRE RUTA 27

DIRECCION DE PUENTES

INSPECCION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)

NOMBRE DEL PUENTE		PSR 27		PROVINCIA		ENCARGADO		Zona 1-1 San José		No. DE SUPERESTRUCTURA			
CLASIFICACION RUTA	Nacional	LOCALIZACION	CANTON	San José	* ENCARGADO	San José	* LATITUD NORTE	9	56	FECHA DE DISEÑO	DIA	MES	AÑO
KILOMETRO	2.614	km	DISTRITO	Mata Redonda	* LONGITUD OESTE	84	6	59.694	FECHA DE CONSTRUCCION	-	-	-	-
COMENTARIOS													
TIPO DE DAÑO Y EVALUACION DEL GRADO DEL DAÑO													
1. PAVIMENTO	ITEM EVALUACION	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO							
2. BARANDA (ACERO)	ITEM EVALUACION	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE								
3. BARANDA (CONCRETO)	ITEM EVALUACION	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EMPUESTO	3. FALTANTE									
4. JUNTA DE EXPANSION	ITEM EVALUACION	1. SONDOS EXTRANOS	2. FILTRACION DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACION	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUIDAS	6. ACERO DE REFUERZO						
5. LOSA	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. AGUEROS					
6. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM EVALUACION	1. OXIDACION	2. CORROSION	3. DEFORMACION	4. PERDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACA	6. EFLORESCENCIA	7. AGUEROS					
7. SISTEMA DE ANCLAJE	ITEM EVALUACION	1. OXIDACION	2. CORROSION	3. DEFORMACION	4. ROTURA DE CONEXIONES (UNIONES)	5. ROTURA DE ELEMENTOS							
8. PINTURA	ITEM EVALUACION	1. DECOLORACION	2. AMPOLLAS	3. DESCASCARAMIENTO									
9. VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA						
10. VIGA DIAPHRAGMA	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA						
11. APOYOS	ITEM EVALUACION	1. ROTURA DE PERNOS (APUYES)	2. DEFORMACION EXTRAÑA	3. INCLINACION	4. DESPLAZAMIENTO								
12. VIGA CARGAL Y ALFONOS (BASTION)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. PROTECCION DE TALUD					
13. CUERPO PRINCIPAL (BASTION)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. PROTECCION DE TALUD					
14. MARTILLO (PILA)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA						
15. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCION	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. INCLINACION					
EVALUACION		GRADO DEL DAÑO		SOCAVACION									
1		Ningun daño visible		No se observa socavacion									
2		En pocos lugares		No aplica									
3		En muchos lugares		Se observa socavacion pero no se extiende a la fundacion									
4		En menos de la mitad		No aplica									
5		En la mayoria de las partes		La fundacion aparece por la socavacion									
FECHA INSPECCION		NOMBRE DE INSPECTOR		FIRMA									
29		8		2017		JC ZUNIGA							

DIRECCION DE PUENTES																									
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)																									
NOMBRE DEL PUENTE			PSSR 27			PROVINCIA		ENCARGADO		Zona 1-1 San José			No.		Baranda										
CLASIFICACION RUTA		39	Nacional		*	CANTON		San José		LATITUD NORTE		9		56		FECHA DE DISEÑO									
KILOMETRO		2.614	km			DISTRITO		Mata Redonda		LONGITUD OESTE		84		6		FECHA DE CONSTRUCCION									
No.	1	UBICACION		Pavimento		No.	2	UBICACION		Junta de expansión			No.	3	UBICACION										
NOTA																NOTA		Grietas en barandas		DIA		MES		AÑO	
																NOTA		Grietas en barandas		29		8		2017	
No.	4	UBICACION		Baranda divisoria		No.	5	UBICACION		Losa			No.	6	UBICACION		Vigas								
																									
NOTA	Desprendimientos y exposición de refuerzo en unión de medianeras					Grieta longitudinal					Inicios de eflorescencia en losa y algunas vigas					NOTA		DIA		MES		AÑO			
																NOTA		DIA		MES		AÑO			
29		8		2017		29		8		2017		29		8		2017									

OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN

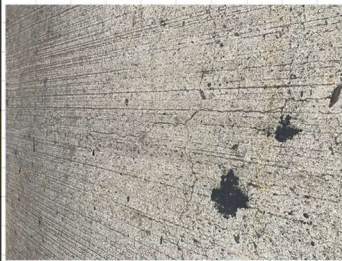
1. En los bordes de la baranda central, concreto desprendido y refuerzo expuesto y oxidado
2. Juntas tapadas por asfalto
3. Asfalto desprendido en algunos puntos, por lo que hay agujeros
4. Sobrecapa de asfalto
5. Algunas grietas longitudinales en la losa
6. Eflorescencia en puntos de la losa
7. No hay filtración en las juntas de expansión

INVENTARIO DE DAÑOS EN PASO SUPERIOR SOBRE RUTA 110

DIRECCION DE PUENTES

INSPECCION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)

[illegible]

DIRECCION DE PUENTES															NO.			2	/	3
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)																				
NOMBRE DEL PUENTE		PSR 110		PROVINCIA		San José		* ENCARGADO		-		* DIA		MES		AÑO				
RUTA N°		39		CLASIFICACION RUTA		Nacional		* LOCALIZACION		CANTON		* LATITUD NORTE		9		3.6				
KILOMETRO		27.181		DISTRITO		km		* LONGITUD OESTE		83		57		5.01		FECHA DE CONSTRUCCION				
No.	1	UBICACION	Junta de expansión		No.	2	UBICACION	Junta de expansión		No.	3	UBICACION	Junta de expansión							
NOTA																				
NOTA	Junta de expansión rota sector Este		DIA	MES	AÑO	NOTA		Canal de fondo con fisura, junta sector Este		DIA	MES	AÑO	NOTA		Junta de expansión sector Oeste con fisuras en concreto		DIA	MES	AÑO	
		29	8	2017					29		8	2017					29	8	2017	
No.	4	UBICACION	Junta de expansión		No.	5	UBICACION	Losa		No.		6	UBICACION	Viga cabezal						
																				
NOTA	Junta de expansión del lado Oeste con separación horizontal		DIA	MES	AÑO	NOTA		Grietas en dos direcciones		DIA	MES	AÑO	NOTA		Humedad en menos del 50% de viga cabezal de ambos bastiones		DIA	MES	AÑO	
		29	8	2017					29		8	2017					29	8	2017	

DIRECCION DE PUENTES										NO. 3 / 3		
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)												
NOMBRE DEL PUENTE	PSSRN 110		PROVINCIA		Cartago	ENCARGADO		*				
RUTA N°	39	CLASIFICACION RUTA	Nacional	CANTON	Guarco	LATITUD NORTE		9	'	50	"	3.6
KILOMETRO	27.181		km	DISTRITO	Tejar	LONGITUD OESTE		83	'	57	"	5.01
No.	7	UBICACION	Losa		No.	UBICACION		No.		UBICACION		
												
NOTA	Grietas transversales debajo de la losa		DIA	MES	AÑO	DIA		MES	AÑO	NOTA		
			29	8	2017	29		8	2017			

OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN

1. Junta con un tramo desprendido en lado Este
2. Desgaste de la losa en el sector Este del puente
3. Junta del lado Oeste obstruida, agrietado el canal del fondo que evacúa aguas
4. Viga cabezal con signos humedad en un 50% de superficie
5. Grietas transversales en losa cerca de apoyos
6. Grietas transversales visibles debajo losa, cada 2.5 m
7. Junta del lado Oeste presenta desplazamiento horizontal de 6 cm

INVENTARIO DE DAÑOS EN PASO SUPERIOR SOBRE RUTA 177

DIRECCION DE PUENTES

INSPECCION DE Puentes (GRADO DE Daño)										Nº. DE SUPRSTUCTURA			
NOMBRE DEL PUEBLO		PSSR 177		LOCALIZA-CIÓN		PROVINCIA	* ENCARGADO	DIA		MIS		AÑO	
39	CLASIFICACION RUTA	Nacional	* km	LOCALIZA-CIÓN		CANTON	* LATITUD NORTE	9	55	FECHA DE DISEÑO		-	-
4.580						DISTRITO	* LONGITUD OESTE	84	6	FECHA DE CONSTRUCCION		-	-
COMENTARIOS													
TIPO DE DaÑO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DEL DaÑO													
ITEM	1. ONDULACIÓN	2. ZIRUCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO								
EVALUACIÓN	1	1	2	1	5								
ITEM	1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTAS ANTE									
EVALUACIÓN													
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTAS ANTE										
EVALUACIÓN	2	1	1										
ITEM	1. SONIDOS EXTRANOS	3. FALTAS ANTE DE DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUIDAS	6. ACERO DE REFUERZO								
EVALUACIÓN													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. AGUJEROS						
EVALUACIÓN	2	1	1	1	1	2	1						
ITEM	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. PERDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLIDARIDAD A PLACA								
EVALUACIÓN													
ITEM	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. ROTURA DE CONEXIONES (UNIONES)	5. ROTURA DE ELEMENTOS								
EVALUACIÓN													
ITEM	1. DECOLORACIÓN	2. AMPOLLAS	3. DESCASCARAMIENTO										
EVALUACIÓN													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA							
EVALUACIÓN	2	1	1	1	1	2							
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA							
EVALUACIÓN	2	1	2	1	1	2							
ITEM	1. ROTURA DE PERNOS (AJOUS) EXTRA	2. DEFORMACIÓN	3. INCLINACIÓN	4. DESPLAZAMIENTO									
EVALUACIÓN													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. PROTECCIÓN DE TALUD						
EVALUACIÓN	2	1	1	1	1	3	1						
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. PROTECCIÓN DE TALUD						
EVALUACIÓN	3	1	2	1	1	2	1						
ITEM	8. INCLINACIÓN	9. SOCAVACIÓN											
EVALUACIÓN	1	1											
Bastion 2													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA							
EVALUACIÓN													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. INCLINACIÓN						
EVALUACIÓN													
ITEM	8. SOCAVACIÓN												
EVALUACIÓN													
Bastion 2													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA							
EVALUACIÓN													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. INCLINACIÓN						
EVALUACIÓN													
ITEM	8. SOCAVACIÓN												
EVALUACIÓN													
Bastion 2													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA							
EVALUACIÓN													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. INCLINACIÓN						
EVALUACIÓN													
ITEM	8. SOCAVACIÓN												
EVALUACIÓN													
Bastion 2													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA							
EVALUACIÓN													
ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. INCLINACIÓN						
EVALUACIÓN													
ITEM	8. SOCAVACIÓN	</											

DIRECCION DE PUENTES												NO. 2 / 3																	
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)																													
NOMBRE DEL PUENTE		PSSR 177		PROVINCIA		San José		ENCARGADO		-		DIA		MES		AÑO													
RUTA N°		39		CLASIFICACION RUTA		Nacional		LOCALIZACION		CANTON		LATITUD NORTE		9		FECHA DE DISEÑO													
KILOMETRO		27.181		UBICACION		27.181		km		DISTRITO		LONGITUD OESTE		83		FECHA DE CONSTRUCCION													
No.		1		UBICACION		Baranda de concreto		No.		2		UBICACION		Losa		No.		3		UBICACION		Viga principal							
																													
NOTA		Baranda de concreto externa		DIA		29		MES		8		AÑO		2017		Eflorescencia a lo largo de grietas longitudinales		DIA		29		MES		8		AÑO		2017	
No.		4		UBICACION		Viga cabezal de bastion 2		No.		5		UBICACION		Bastion 1		No.		6		UBICACION		Bastion 2							
																													
NOTA		Eflorescencia y humedad en viga cabezal		DIA		29		MES		8		AÑO		2017		Eflorescencia a lo largo de grietas longitudinales		DIA		29		MES		8		AÑO		2017	
No.		5		UBICACION		Viga cabezal de bastion 2		No.		5		UBICACION		Bastion 1		No.		6		UBICACION		Bastion 2							
																													
NOTA		Eflorescencia y humedad en viga cabezal		DIA		29		MES		8		AÑO		2017		Eflorescencia a lo largo de grietas longitudinales		DIA		29		MES		8		AÑO		2017	

OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN

1. Losa con sobrecapa de asfalto. No hay junta
2. En la losa, pequeñas grietas en una dirección, longitudinal.
3. Descascaramiento en las uniones de las vigas
4. Filtración del agua por viga cabezal en algunos puntos, lo que crea eflorescencia
5. Grieta por flexión en viga externa
6. Leve descascaramiento en viga externa

INVENTARIO DE DAÑOS EN PASO SUPERIOR SOBRE RUTA 209 (A)

INSPECCION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)

NOMBRE DEL	PSSPN 200 (A)
------------	---------------

PUENTE	133KIN 209 (A)
--------	----------------

DIRECCION DE PUENTES												NO.			2			/			3																							
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)																																												
NOMBRE DEL PUENTE		PSSRI		PROVINCIA		ENCARGADO		No.		3		UBICACION		Losa de concreto																														
RUTA N°		CLASIFICACION RUTA		LOCALIZACION		CANTON		LATTITUD NORTE		9		50		FECHA DE DISEÑO																														
KILOMETRO		27.181		km		DISTRITO		LONGITUD OESTE		83		57		FECHA DE CONSTRUCCION																														
No.	1	UBICACION	Baranda de concreto		No.	2	UBICACION	Junta de expansión		No.	3	UBICACION	Losa de concreto																															
																																												
NOTA	Barandas impactadas		DIA	MES	AÑO	NOTA	Junta expansión abierta y con desintegración de concreto		DIA	MES	AÑO	NOTA	Drenajes abiertos, eflorescencia en viga y leve eflorescencia en losa		DIA	MES	AÑO																											
			29	8	2017				29	8	2017				29	8	2017																											
No.	4	UBICACION	Apoyos		No.	5	UBICACION	Superficie losa		No.	6	UBICACION	Superficie losa																															
																																												
NOTA	Apoyos de neopreno		DIA	MES	AÑO	NOTA	Grieta dos direcciones		DIA	MES	AÑO	NOTA	Desnudamiento carril central		DIA	MES	AÑO																											
			29	8	2017				29	8	2017				29	8	2017																											

DIRECCION DE PUENTES										NO. 3 / 3			
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)													
NOMBRE DEL PUENTE	PSSR1		PROVINCIA	Curtago	* ENCARGADO	-							
CLASIFICACION RUTA	39	Nacional	CANTON	Guarco	* LATITUD NORTE	9	50	3.6				FECHA DE DISEÑO	
KILOMETRO	27.181	km	DISTRITO	Tejar	* LONGITUD OESTE	83	57	5.01				FECHA DE CONSTRUCCION	
No.	7	UBICACION	Drenajes		No.	Viga diafragma		No.					
drenajes tapados		Fisuras		NOTA		DIA MES AÑO		DIA MES AÑO		DIA MES AÑO			
29 8 2017		29 8 2017		29 8 2017		29 8 2017		29 8 2017		29 8 2017			

	
---	--

OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN

1. Junta de expansión abierta en bastión 2. Indica desplazamiento del puente
2. Desgaste de losa con desnudamiento de agregado
3. Drenajes sin tapa, y algunos drenajes tapado por sedimento
4. Algunas barandas con impactos y levemente desplazadas o desalineadas
5. Tramo central con grietas en dos direcciones
6. Drenajes sin tubo por debajo de la losa que desvíe aguas y así evitar derramarse en las vigas
7. Una viga diafragma muestra un agrietamiento en parte central
8. xxxxxxxx

INVENTARIO DE DAÑOS EN PASO SUPERIOR SOBRE RUTA 209 (B)

DIRECCION DE PUENTES

INSPECCION DE Puentes (GRADO DE DAÑO)

NOMBRE DEL PUENTE		PSSRN 209 (B)		LOCALIZACIÓN		PROVINCIA	ENCARGADO	No. DE SUPERESTRUCTURA			
RUTA N°	CLASIFICACION RUTA	Nacional	km	CANTON		CANTON	FECHA DE DISEÑO	DIA	MES	AÑO	
39	9.950					San José	52.86	9	54	1996	
KILOMETRO				DISTRITO		San Francisco Dos Rías	16.26	84	4	2002	
COMENTARIOS											
TIPO DE DAÑO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DEL DAÑO											
1. PAVIMENTO	ITEM EVALUACION	1. ONDULACIÓN	2. SURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO					
2. BARANDA (ACERO)	ITEM EVALUACION	1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE						
3. BARANDA (CONCRETO)	ITEM EVALUACION	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO FALTANTE	3. FALTANTE							
4. JUNTA DE EXPANSIÓN	ITEM EVALUACION	1. SONIDOS EXTRANOS	2. FILTRACION DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACION	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUÍDAS	6. ACERO DE REFUERZO				
5. LOSA	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCAICAMIENTOS	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	7. AGUEROS			
6. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM EVALUACION	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. FALTA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACA					
7. SISTEMA DE ARROSTRAMIENTO	ITEM EVALUACION	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. ROTURA DE CONEXIONES (ANCLAJES)	5. ROTURA DE ELEMENTOS					
8. PINTURA	ITEM EVALUACION	1. DEGRADACIÓN	2. AMPOLLAS	3. DESCAICAMIENTOS							
9. VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCAICAMIENTOS	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA				
10. VIGA DIAFRAGMA DE CONCRETO	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCAICAMIENTOS	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA				
11. APOYOS	ITEM EVALUACION	1. ROTURA DE PERNOS/APOYOS	2. DEFORMACION EXTRAÑA	3. INCLINACION	4. DESLAZAMIENTO						
12. VIGA CABLEZAL Y ALFONOS (BASTÓN)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCAICAMIENTOS	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA				
13. CUERPO PRINCIPAL (BASTÓN)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCAICAMIENTOS	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA				
14. MARTILLO (PILA)	ITEM EVALUACION	8. INCLINACIÓN	9. SOCAVACIÓN								
15. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM EVALUACION	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS	3. DESCAICAMIENTOS	4. ACERO DE REFUERZO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA				
Bastión 2											
Pila 1											
7. PROTECCIÓN DE TALUD											
7. PROTECCIÓN PENDIENTE EN TALUD											
EVALUACION											
GRADO DEL DAÑO											
SOCAVACION											
1 Ningún daño visible											
2 En pocos lugares											
3 En muchos lugares											
4 En menos de la mitad											
5 En la mayoría de las partes											
La fundación aparece por la socavación											
FECHA INSPECCION											
NOMBRE DE INSPECTOR											
FIRMA											
29 8 2017 JC ZÚNIGA											

DIRECCION DE PUENTES												NO.			2			3					
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)																							
NOMBRE DEL PUENTE		PSSR1		PROVINCIA		San José		ENCARGADO		*		DIA		MES		AÑO							
RUTA N°		39		LOCALIZACION		CANTON		LATITUD NORTE		9		FECHA DE DISEÑO		-		-							
KILOMETRO		27.181		km		DISTRITO		LONGITUD OESTE		83		FECHA DE CONSTRUCCION		-		-							
No.	1	UBICACION		Baranda de concreto		No.	2	UBICACION		Drenajes		No.	3	UBICACION		Losa de concreto							
						NOTA		Drenajes sin tapa		DIA		MES		AÑO		Grietas transversales		DIA		MES		AÑO	
						NOTA		5		29		8		2017		6		29		8		2017	
NOTA		Barandas impactadas		DIA		MES		AÑO		Superficie de losa		Superficie losa		NOTA		Esflorescencia entre juntas losa		DIA		MES		AÑO	
NOTA		4		29		8		2017		Superficie de losa		Superficie losa		NOTA		Esflorescencia entre juntas losa		29		8		2017	
						NOTA		Grietas dos direcciones		DIA		MES		AÑO		Esflorescencia entre juntas losa		29		8		2017	
NOTA		Grietas de mas de 1.5 mm en tramo central		DIA		MES		AÑO		Grietas dos direcciones		DIA		MES		AÑO		29		8		2017	

OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN

1. Eflorescencia leve en vigas longitudinales
2. En las juntas de la losa se ve alguna eflorescencia
3. Drenajes sin tapa
4. Algunas barandas con impactos y levemente desplazadas o desalineadas
5. Tramo central con grietas en dos direcciones. Hay 1.85 m entre ellas
6. Drenajes sin tubo por debajo de la losa que desvíe aguas y así evitar derramarse en las vigas
7. Grietas estructurales de espesor mayor a 1.5 mm
8. Grietas en dirección longitudinal cerca de bastión 2. Espesor 0.5 a 1 cm
9. Baranda concreto desplazadas por impactos.
10. Desnudamiento del concreto en carril central
11. Eflorescencia en las juntas entre las losas

INVENTARIO DE DAÑOS EN PUENTE SOBRE RÍO MARÍA AGUILAR (A)

**DIRECCION DE PUENTES
INSPECCION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)**

INSPECCION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)														Nº. DE SUPERESTRUCTURA		
NOMBRE DEL PUENTE		Río María Aguilar (A)		LOCALIZACIÓN		PROVINCIA	ENCARGADO	Zona 1-1 San José		FECHA DE DISEÑO		DÍA	MES	AÑO		
CLASIFICACION RUTA	Nacional	km				CANTON	San José	LATITUD NORTE	55	50.94	19	12	2013			
39						DISTRITO	Mata Redonda	LONGITUD OESTE	84	59.26	-	-	-			
KILOMETRO	3.260								6							
TIPO DE DAÑO Y EVALUACION DEL GRADO DEL DAÑO																
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION	1	2	1	1	3											
ITEM	1. DEFORMACION	2. OXIDACION	3. CORROSION	4. FALTANTE												
EVALUACION	1	2	1	1												
ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. AGRIETAMIENTO	3. FALTANTE													
EVALUACION	1	2	3													
ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES	5. SOBRECARGAS DE ASFALTO											
EVALUACION																

DIRECCION DE PUENTES													
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)													
NOMBRE DEL PUENTE		Río María Aguilar (A)		PROVINCIA		San José		ENCARGADO		-		No.	
RUTA N°		CLASIFICACION RUTA		LOCALIZACION		CANTON		LATITUD NORTE		9		55	
KILOMETRO		3.260		km		DISTRITO		Mata Redonda		84		6	
No.		1		UBICACION		Junta de expansión		No.		2		UBICACION	
NOTA		Junta elastomérica		DIA		MES		AÑO		Baranda con hienumbre en su superficie		DIA	
				29		8		2017				29	
No.		4		UBICACION		Losa y vigas		No.		5		UBICACION	

OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN

1. Barandas con oxidación e inicios de descascaramiento en casi toda la baranda
2. Surcos en el carril central
3. Junta elastomérica con suciedad y escombros finos
4. No se logran ver apoyos
5. Hay eflorescencia en la losa
6. Hay filtración en los agujeros y juntas de construcción
7. Hubo sellado de grietas

INVENTARIO DE DAÑOS EN PUENTE SOBRE RÍO MARÍA AGUILAR (B)

INSPECCION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)

NOMBRE DEL	Prof. María Amador (R)
------------	------------------------

NOMBRE DEL PUENTE				Río María Angülar (B)				PROVINCIA		San José		ENCARGADO		-		DÍA		MES		AÑO	
RUTA N°		39		CLASIFICACIÓN RUTA		Nacional		LOCALIZACIÓN		CANTON		San José		LATITUD NORTE		9		55		48.51	
KILOMETRO		3.350		km						DISTRITO		Hatillo		LONGITUD OESTE		84		6		58.39	
COMENTARIOS																					
TIPO DE DAÑO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DEL DAÑO																					
ITEM		1. ONDULACIÓN		2. ZURCOS		3. AGRIETAMIENTO		4. BACHES		5. SOBRECAPAS DE ASFALTO											
EVALUACIÓN		1		2		1		1		3											
ITEM		1. DEFORMACIÓN		2. OXIDACIÓN		3. CORROSIÓN		4. FALTANTE													
EVALUACIÓN		1		2		1		1													
ITEM		1. AGRIETAMIENTO		2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO		3. FALTANTE															
EVALUACIÓN		1		1		3															
ITEM		1. SONIDOS EXTRANOS		2. FILTRACIÓN DE AGUAS		3. FALTANTE O DEFORMACIÓN		4. MOVIMIENTO VERTICAL		5. JUNTAS OBSTRUIDAS		6. ACERO DE REFUERZO									
EVALUACIÓN		1		1		1		1		1		1									
ITEM		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN		2. GRIETAS EN DIRECCIONES		3. DESCASCARAMIENTO		4. ACERO DE REFUERZO		5. NIDOS DE PIEDRA		6. EFLORESCENCIA		7. AGUEROS							
EVALUACIÓN		1		1		2		1		1		2		1							
ITEM		1. OXIDACIÓN		2. CORROSIÓN		3. DEFORMACIÓN		4. PERDIDA DE PERNOS		5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACA											
EVALUACIÓN		1		1		3		3		5		6		7							
ITEM		1. OXIDACIÓN		2. CORROSIÓN		3. DEFORMACIÓN		4. ROTURA DE CONJUNTES (UNIONES)		5. ROTURA DE ELEMENTOS											
EVALUACIÓN		1		1		3		3		5											
ITEM		1. DIFERENCIACIÓN		2. AMPOLLAS		3. DESCASCARAMIENTO															
EVALUACIÓN		1		1		3															
ITEM		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN		2. GRIETAS EN DOS		3. DESCASCARAMIENTO		4. ACERO DE REFUERZO		5. NIDOS DE PIEDRA		6. EFLORESCENCIA									
EVALUACIÓN		2		1		1		1		1		2									
ITEM		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN		2. GRIETAS EN DOS		3. DESCASCARAMIENTO		4. ACERO DE REFUERZO		5. NIDOS DE PIEDRA		6. EFLORESCENCIA									
EVALUACIÓN		1		1		1		1		1		1									
ITEM		1. ROTURA DE PERNOS (APOYOS)		2. DEFORMACIÓN EXTERNA		3. INCLINACIÓN		4. DESPLAZAMIENTO													
EVALUACIÓN		1		1		3		3		5		6		7							
ITEM		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN		2. GRIETAS EN DOS		3. DESCASCARAMIENTO		4. ACERO DE REFUERZO		5. NIDOS DE PIEDRA		6. EFLORESCENCIA		7. PROTECCIÓN DE TALUD							
EVALUACIÓN		1		1		2		1		1		1		1							
ITEM		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN		2. GRIETAS EN DOS		3. DESCASCARAMIENTO		4. ACERO DE REFUERZO		5. NIDOS DE PIEDRA		6. EFLORESCENCIA		7. PROTECCIÓN DE TALUD							
EVALUACIÓN		1		1		3		3		5		6		7							
ITEM		8. INCLINACIÓN		9. SOCAVACIÓN																	
EVALUACIÓN																					
ITEM		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN		2. GRIETAS EN DOS		3. DESCASCARAMIENTO		4. ACERO DE REFUERZO		5. NIDOS DE PIEDRA		6. EFLORESCENCIA									
EVALUACIÓN		1		1		3		3		5		6									
ITEM		1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN		2. GRIETAS EN DOS		3. DESCASCARAMIENTO		4. ACERO DE REFUERZO		5. NIDOS DE PIEDRA		6. EFLORESCENCIA		7. INCLINACIÓN							
EVALUACIÓN		1		1		3		3		5		6		7							
ITEM		8. SOCAVACIÓN																			
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					
ITEM																					
EVALUACIÓN																					

DIRECCION DE PUENTES										NO.		2		/		3								
INSPECCION DE PUENTES(FOTOS)																								
NOMBRE DEL PUENTE	Río Mata Aguilár (B)		PROVINCIA	San José	ENCARGADO	Zona 1-1 San José		*			DIA		MES		AÑO									
RUTA N°	39	CLASIFICACION RUTA	Nacional	San José	LATITUD NORTE	9	55	"	48.51	"	FECHA DE DISEÑO		19		12		2013							
KILOMETRO	3.350	km	LOCALIZACION	Mata Redonda	LONGITUD OESTE	84	6	"	58.39	"	FECHA DE CONSTRUCCION		-		-		-							
No.	1	UBICACION	Junta de expansión		No.	2	UBICACION	Baranda metálica		No.	3	UBICACION	Losa de concreto											
																								
NOTA	Junta elastomérica con indicios de sedimentos que la obstruyen		DIA	29	MES	8	AÑO	2017	NOTA	xxxxxxxx	DIA	29	MES	8	AÑO	2017	NOTA	Losa con eflorescencia	DIA	29	MES	8	AÑO	2017
No.	4	UBICACION	Apoyos		No.	5	UBICACION	Bastión 1		No.	6	UBICACION	Bastión 2											
NOTA			DIA	29	MES	8	AÑO	2017	NOTA		DIA	29	MES	8	AÑO	2017	NOTA		DIA	29	MES	8	AÑO	2017

OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN
1. Juntas empiezan a obstruirse en los extremos 2. Losa cubierta por capa de 8 cm de asfalto 3. Surcos en el asfalto en carril central 4. Eflorescencias en la losa 5. Barandas con inicios de oxidación 6. No se pudo observar los apoyos

7.3 Detalle de procedimientos realizados

Caracterización del tránsito de la ruta 39

Seguidamente se muestran las tablas de donde se obtuvieron los datos para formar las gráficas que dan una caracterización del tránsito en la carretera de circunvalación. La información fue tomada de los datos generados por las estaciones de radar en la Ruta 39 durante el segundo semestre del 2015, la totalidad del 2016 y 2017.

Caracterización del flujo vehicular horario

Estación de La Uruca

Año 2015

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	96971	1,1904
1	69707	0,8557
2	76202	0,9355
3	107559	1,3204
4	142422	1,7484
5	256271	3,1461
6	423818	5,2029
7	508301	6,2400
8	488263	5,9941
9	460975	5,6591
10	444816	5,4607
11	444403	5,4556
12	443541	5,4450
13	452940	5,5604
14	468552	5,7521
15	482983	5,9292
16	492415	6,0450
17	447673	5,4958
18	434518	5,3343
19	401719	4,9316
20	326834	4,0123
21	294180	3,6114
22	234894	2,8836
23	145830	1,7903

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	10695	1,0081
1	10382	0,9786
2	13152	1,2397
3	17361	1,6364
4	25106	2,3665
5	49285	4,6456
6	55216	5,2047
7	53405	5,0340
8	61442	5,7915
9	68206	6,4291
10	64749	6,1032
11	65737	6,1964
12	63643	5,9990
13	62723	5,9123
14	63975	6,0303
15	67455	6,3583
16	64276	6,0587
17	57647	5,4338
18	50221	4,7338
19	43229	4,0748
20	32237	3,0387
21	26699	2,5166
22	20481	1,9305
23	13574	1,2795

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

Año 2016

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	142409	0,9431
1	92664	0,6137
2	80260	0,5315
3	105079	0,6959
4	237883	1,5754
5	623890	4,1317
6	903216	5,9815
7	971176	6,4316
8	860287	5,6972
9	829881	5,4959
10	807310	5,3464
11	807642	5,3486
12	818082	5,4177
13	833125	5,5173
14	858643	5,6863
15	921835	6,1048
16	950091	6,2919
17	930398	6,1615
18	850726	5,6339
19	717963	4,7547
20	607605	4,0238
21	542390	3,5920
22	378786	2,5085
23	228794	1,5152

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	16704	0,8154
1	13213	0,6450
2	15462	0,7548
3	27005	1,3182
4	60206	2,9389
5	101721	4,9655
6	102605	5,0086
7	106002	5,1745
8	123385	6,0230
9	129920	6,3420
10	124459	6,0754
11	127362	6,2171
12	122209	5,9656
13	124993	6,1015
14	127394	6,2187
15	131685	6,4282
16	123885	6,0474
17	117033	5,7129
18	98591	4,8127
19	80609	3,9349
20	61743	3,0140
21	53842	2,6283
22	35371	1,7266
23	23163	1,1307

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

Año 2017

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	144280	0,9738
1	95750	0,6463
2	84391	0,5696
3	120250	0,8116
4	290132	1,9583
5	628255	4,2405
6	866813	5,8507
7	925325	6,2456
8	874661	5,9036
9	819310	5,5300
10	799975	5,3995
11	803208	5,4214
12	816611	5,5118
13	834200	5,6305
14	855560	5,7747
15	889581	6,0043
16	931071	6,2844
17	889745	6,0055
18	792409	5,3485
19	674600	4,5533
20	584645	3,9461
21	503488	3,3984
22	364961	2,4634
23	226388	1,5280

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	15036	0,8099
1	13319	0,7174
2	15765	0,8492
3	30181	1,6257
4	60170	3,2410
5	92277	4,9704
6	94030	5,0649
7	96409	5,1930
8	109232	5,8837
9	114868	6,1873
10	113679	6,1233
11	115586	6,2260
12	114055	6,1435
13	113947	6,1377
14	120191	6,4740
15	118264	6,3702
16	114770	6,1820
17	105703	5,6936
18	86175	4,6418
19	67188	3,6190
20	52055	2,8039
21	41610	2,2413
22	30802	1,6591
23	21201	1,1420

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

Estación de Colonia Kennedy

2015

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	213329	1.1355
1	142192	0.7569
2	151405	0.8059
3	203055	1.0809
4	265317	1.4123
5	555600	2.9574
6	924738	4.9224
7	1030556	5.4856
8	1007437	5.3626
9	1044687	5.5609
10	1050371	5.5911
11	1064291	5.6652
12	1085811	5.7798
13	1090780	5.8062
14	1104205	5.8777
15	1108283	5.8994
16	1131731	6.0242
17	1098926	5.8496
18	1031387	5.4901
19	961616	5.1187
20	865209	4.6055
21	764752	4.0708
22	555403	2.9564
23	335381	1.7852

*Se contabilizan todos tipos de los
vehículos*

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	9951	0.5057
1	8197	0.4166
2	14440	0.7338
3	20241	1.0286
4	29085	1.4781
5	79673	4.0489
6	112627	5.7236
7	102928	5.2307
8	107006	5.4380
9	125398	6.3726
10	127848	6.4971
11	130040	6.6085
12	128087	6.5093
13	129240	6.5679
14	130272	6.6203
15	129815	6.5971
16	124252	6.3144
17	111463	5.6645
18	93511	4.7522
19	85333	4.3366
20	67669	3.4389
21	50802	2.5817
22	33590	1.7070
23	16288	0.8277

*Se contabilizan únicamente los vehículos
pesados*

2016

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	143105	1.0717
1	90600	0.6785
2	68289	0.5114
3	69833	0.5229
4	122887	0.9202
5	411912	3.0846
6	698860	5.2335
7	772963	5.7884
8	733883	5.4957
9	746755	5.5921
10	750108	5.6172
11	753254	5.6408
12	772961	5.7884
13	778006	5.8262
14	786015	5.8861
15	796083	5.9615
16	808220	6.0524
17	770130	5.7672
18	744764	5.5772
19	726220	5.4384
20	669138	5.0109
21	529467	3.9650
22	381171	2.8544
23	229057	1.7153

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	6391	0.4136
1	4619	0.2989
2	4442	0.2875
3	6758	0.4374
4	17771	1.1501
5	67147	4.3458
6	91435	5.9177
7	85313	5.5215
8	85702	5.5467
9	99176	6.4187
10	100697	6.5172
11	102024	6.6030
12	101319	6.5574
13	101010	6.5374
14	101782	6.5874
15	101914	6.5959
16	100253	6.4884
17	94321	6.1045
18	75955	4.9158
19	68716	4.4473
20	56743	3.6724
21	36433	2.3580
22	23995	1.5530
23	11191	0.7243

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

2017

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	265733	1.3752
1	171129	0.8856
2	125488	0.6494
3	116890	0.6049
4	178730	0.9249
5	445098	2.3034
6	729235	3.7738
7	1011893	5.2366
8	1075333	5.5649
9	1104500	5.7158
10	1132971	5.8631
11	1142832	5.9142
12	1176866	6.0903
13	1198971	6.2047
14	1206702	6.2447
15	1242050	6.4276
16	1251365	6.4758
17	1187873	6.1472
18	1036075	5.3617
19	927724	4.8010
20	824663	4.2676
21	748968	3.8759
22	613509	3.1749
23	409055	2.1169

Se contabilizan todos tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	16540	0.5938
1	11237	0.4034
2	9263	0.3325
3	13135	0.4715
4	30101	1.0806
5	86012	3.0878
6	126646	4.5465
7	151264	5.4303
8	159648	5.7313
9	176276	6.3282
10	180699	6.4870
11	180779	6.4899
12	183899	6.6019
13	185965	6.6760
14	191529	6.8758
15	198315	7.1194
16	191253	6.8659
17	179328	6.4378
18	141576	5.0825
19	116431	4.1798
20	92051	3.3046
21	75866	2.7235
22	57325	2.0579
23	30420	1.0921

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

Estación de Parque de La Paz

2015

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	188393	1,2660
1	127717	0,8583
2	132757	0,8921
3	150665	1,0125
4	185916	1,2494
5	431384	2,8990
6	666992	4,4823
7	811045	5,4503
8	826303	5,5529
9	797632	5,3602
10	814792	5,4755
11	824708	5,5421
12	831595	5,5884
13	832958	5,5976
14	865719	5,8177
15	875892	5,8861
16	896348	6,0236
17	894039	6,0081
18	823516	5,5341
19	777930	5,2278
20	724243	4,8670
21	642346	4,3166
22	465270	3,1267
23	292502	1,9657

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	5514	0,4405
1	5576	0,4455
2	12227	0,9769
3	17708	1,4148
4	24540	1,9606
5	59103	4,7221
6	81508	6,5122
7	68096	5,4406
8	70576	5,6387
9	81232	6,4901
10	81436	6,5064
11	82540	6,5946
12	82177	6,5656
13	83029	6,6337
14	82746	6,6111
15	81703	6,5277
16	75329	6,0185
17	65635	5,2440
18	55745	4,4538
19	47061	3,7600
20	35898	2,8681
21	26985	2,1560
22	16660	1,3311
23	8602	0,6873

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

2016

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	270478	1,1596
1	164151	0,7038
2	119624	0,5129
3	109899	0,4712
4	166212	0,7126
5	534820	2,2929
6	949126	4,0692
7	1186717	5,0878
8	1308062	5,6080
9	1275060	5,4665
10	1328993	5,6978
11	1341087	5,7496
12	1376661	5,9021
13	1395315	5,9821
14	1410535	6,0474
15	1420608	6,0905
16	1462920	6,2719
17	1446220	6,2004
18	1335512	5,7257
19	1312718	5,6280
20	1209557	5,1857
21	1030351	4,4174
22	726796	3,1160
23	443384	1,9009

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	8296	0,4207
1	5920	0,3002
2	6572	0,3333
3	10145	0,5145
4	24234	1,2289
5	79562	4,0346
6	109735	5,5647
7	100892	5,1163
8	109530	5,5543
9	134726	6,8321
10	132826	6,7357
11	137845	6,9902
12	137348	6,9650
13	135266	6,8594
14	139160	7,0569
15	139062	7,0519
16	126172	6,3983
17	111035	5,6307
18	90302	4,5793
19	79183	4,0154
20	62929	3,1912
21	46235	2,3446
22	30154	1,5291
23	14841	0,7526

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

2017

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	420175	1,4634
1	259814	0,9049
2	189478	0,6599
3	169554	0,5905
4	248440	0,8653
5	646918	2,2531
6	1146677	3,9936
7	1434453	4,9958
8	1497187	5,2143
9	1542646	5,3727
10	1611868	5,6137
11	1628393	5,6713
12	1674823	5,8330
13	1694216	5,9005
14	1699908	5,9204
15	1758968	6,1260
16	1800177	6,2696
17	1720904	5,9935
18	1574834	5,4848
19	1538566	5,3584
20	1452061	5,0572
21	1319816	4,5966
22	1024556	3,5683
23	658501	2,2934

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	13580	0,7131
1	10542	0,5535
2	9976	0,5238
3	16862	0,8854
4	36961	1,9407
5	81955	4,3033
6	86081	4,5199
7	85432	4,4859
8	96270	5,0549
9	119808	6,2909
10	126662	6,6508
11	129839	6,8176
12	129289	6,7887
13	131492	6,9044
14	133862	7,0288
15	135801	7,1306
16	123106	6,4640
17	103997	5,4607
18	87698	4,6048
19	77670	4,0783
20	61186	3,2128
21	47924	2,5164
22	36468	1,9149
23	22011	1,1558

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

Estación de Las Luisas

2015

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	179255	1,1830
1	119461	0,7884
2	118250	0,7804
3	159447	1,0522
4	207108	1,3668
5	352216	2,3244
6	618762	4,0834
7	771398	5,0907
8	807947	5,3319
9	825289	5,4463
10	852164	5,6237
11	866405	5,7176
12	908575	5,9959
13	909106	5,9994
14	934062	6,1641
15	933100	6,1578
16	954027	6,2959
17	922754	6,0895
18	837222	5,5251
19	800810	5,2848
20	720756	4,7565
21	632728	4,1755
22	443230	2,9250
23	279098	1,8418

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	5390	0,6271
1	4636	0,5394
2	8178	0,9515
3	10802	1,2567
4	16075	1,8702
5	35457	4,1252
6	39910	4,6433
7	44559	5,1842
8	46767	5,4411
9	47418	5,5168
10	51454	5,9864
11	52389	6,0951
12	54461	6,3362
13	55488	6,4557
14	55743	6,4854
15	59309	6,9002
16	60827	7,0769
17	55055	6,4053
18	48806	5,6783
19	38656	4,4974
20	26934	3,1336
21	19954	2,3215
22	13044	1,5176
23	8208	0,9550

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

2016

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	364551	1,4060
1	228235	0,8803
2	163987	0,6325
3	131198	0,5060
4	163412	0,6303
5	443931	1,7122
6	987013	3,8068
7	1230302	4,7452
8	1326229	5,1152
9	1402281	5,4085
10	1470375	5,6711
11	1498708	5,7804
12	1555894	6,0010
13	1534043	5,9167
14	1554099	5,9941
15	1594860	6,1513
16	1616261	6,2338
17	1588661	6,1274
18	1493242	5,7593
19	1505820	5,8078
20	1390962	5,3648
21	1207195	4,6561
22	899485	3,4693
23	576586	2,2239

Se contabilizan todos los tipos de vehiculos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	11312	0,5285
1	7190	0,3359
2	7002	0,3271
3	9142	0,4271
4	22408	1,0468
5	62453	2,9176
6	90935	4,2482
7	109166	5,0999
8	118527	5,5372
9	128038	5,9815
10	135608	6,3352
11	138649	6,4772
12	141962	6,6320
13	140579	6,5674
14	143008	6,6809
15	148949	6,9584
16	147653	6,8979
17	139418	6,5132
18	114406	5,3447
19	108169	5,0533
20	88383	4,1290
21	65075	3,0401
22	41205	1,9250
23	21323	0,9961

Se contabilizan únicamente los vehiculos pesados

2017

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	432837	1,5785
1	265750	0,9692
2	189602	0,6915
3	153362	0,5593
4	192226	0,7010
5	471579	1,7198
6	957360	3,4915
7	1207097	4,4022
8	1331880	4,8573
9	1465671	5,3453
10	1554382	5,6688
11	1568821	5,7214
12	1635817	5,9658
13	1620564	5,9101
14	1632754	5,9546
15	1701789	6,2064
16	1715021	6,2546
17	1649926	6,0172
18	1582279	5,7705
19	1572934	5,7364
20	1459265	5,3219
21	1339605	4,8855
22	1048424	3,8236
23	671083	2,4474

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	14277	0,6101
1	9149	0,3910
2	8648	0,3695
3	13259	0,5666
4	27324	1,1676
5	64623	2,7615
6	87544	3,7409
7	110737	4,7320
8	120350	5,1428
9	138497	5,9182
10	147965	6,3228
11	149557	6,3909
12	156791	6,7000
13	157712	6,7393
14	159922	6,8338
15	168274	7,1907
16	168948	7,2195
17	151884	6,4903
18	128529	5,4923
19	116170	4,9642
20	92852	3,9677
21	73001	3,1195
22	48799	2,0853
23	25359	1,0836

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

Estación de San Pedro

2015

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	196644	1,3709
1	132185	0,9215
2	123218	0,8590
3	159831	1,1143
4	213360	1,4874
5	321687	2,2426
6	611264	4,2614
7	844468	5,8872
8	822284	5,7325
9	792828	5,5272
10	805438	5,6151
11	811970	5,6606
12	842459	5,8732
13	851805	5,9383
14	874212	6,0945
15	868383	6,0539
16	857991	5,9815
17	747695	5,2125
18	705037	4,9151
19	705059	4,9153
20	685262	4,7773
21	623819	4,3489
22	449057	3,1306
23	298226	2,0791

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	5741	0,6413
1	4511	0,5039
2	6165	0,6887
3	10410	1,1629
4	16255	1,8159
5	27384	3,0592
6	41402	4,6252
7	56414	6,3022
8	64067	7,1571
9	56362	6,2964
10	57076	6,3762
11	58599	6,5463
12	58212	6,5031
13	57472	6,4204
14	58742	6,5623
15	56539	6,3162
16	54677	6,1082
17	54307	6,0668
18	42245	4,7193
19	32574	3,6390
20	27950	3,1224
21	24528	2,7401
22	15171	1,6948
23	8344	0,9321

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

2016

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	325504	1,5284
1	207872	0,9761
2	150320	0,7058
3	112783	0,5296
4	127047	0,5966
5	338278	1,5884
6	903900	4,2444
7	1205124	5,6588
8	1154765	5,4223
9	1220628	5,7316
10	1236090	5,8042
11	1247378	5,8572
12	1276680	5,9948
13	1267289	5,9507
14	1301620	6,1119
15	1307625	6,1401
16	1254608	5,8912
17	1078219	5,0629
18	1054920	4,9535
19	1113133	5,2269
20	1110701	5,2154
21	1022295	4,8003
22	770320	3,6171
23	509333	2,3916

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	6447	0,5921
1	4485	0,4119
2	4143	0,3805
3	5578	0,5122
4	10293	0,9452
5	29039	2,6668
6	50213	4,6112
7	74385	6,8310
8	79918	7,3392
9	70833	6,5049
10	69263	6,3607
11	68610	6,3007
12	69363	6,3699
13	68771	6,3155
14	71398	6,5567
15	71321	6,5497
16	72653	6,6720
17	73266	6,7283
18	51836	4,7603
19	40945	3,7601
20	35735	3,2817
21	30351	2,7872
22	19641	1,8037
23	10438	0,9586

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

2017

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	327571	1,6832
1	205769	1,0573
2	149521	0,7683
3	113300	0,5822
4	129111	0,6634
5	347394	1,7851
6	880645	4,5251
7	1000584	5,1414
8	981275	5,0422
9	1129809	5,8055
10	1159441	5,9577
11	1170103	6,0125
12	1172247	6,0235
13	1153584	5,9276
14	1172776	6,0262
15	1169644	6,0102
16	1097062	5,6372
17	943957	4,8505
18	956265	4,9137
19	999527	5,1360
20	1003903	5,1585
21	944668	4,8541
22	747919	3,8431
23	505068	2,5953

Se contabilizan todos los tipos de vehículos

HORA	TOTAL	PORCENTAJE TPD
0	5229	0,5727
1	3830	0,4195
2	3436	0,3763
3	5317	0,5823
4	10258	1,1235
5	28497	3,1212
6	46421	5,0843
7	61056	6,6872
8	63366	6,9402
9	60899	6,6700
10	58961	6,4577
11	59717	6,5406
12	58330	6,3886
13	60399	6,6152
14	60147	6,5876
15	60316	6,6062
16	58622	6,4206
17	57389	6,2856
18	40888	4,4783
19	33746	3,6961
20	27706	3,0345
21	23360	2,5585
22	16648	1,8234
23	8489	0,9298

Se contabilizan únicamente los vehículos pesados

Caracterización del flujo vehicular diario

Estaciones durante el año 2015

Tránsito promedio semanal diario del total de vehículos

ESTACIÓN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
La Uruca	34885	35174	35910	36713	36334	31595	25220
Col. Kennedy	78418	78696	79804	81247	82822	79834	66157
Parq. La Paz	63963	63114	63799	65145	65941	67140	57614
Las Luisas	62437	62425	63222	64237	65691	65768	52555
San Pedro	58737	59846	60837	60967	62907	63153	48974

Tránsito promedio semanal diario del total de vehículos dividido entre el TPDA

Día	Uruca	Col. Kennedy	Parq. La Paz	Las Luisas	San Pedro
Lunes	1.034	1.003	1.002	1.001	0.990
Martes	1.043	1.007	0.989	1.001	1.008
Miércoles	1.065	1.021	1.000	1.014	1.025
Jueves	1.089	1.039	1.021	1.030	1.027
Viernes	1.077	1.060	1.033	1.054	1.060
Sábado	0.937	1.021	1.052	1.055	1.064
Domingo	0.748	0.846	0.903	0.843	0.825

Tránsito promedio semanal diario de los camiones

ESTACIÓN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
La Uruca	4791	5048	5346	5385	5223	3194	1687
Col. Kennedy	9064	9363	9612	9555	9839	6926	4092
Parq. La Paz	5556	5898	6117	6017	6285	4497	2437
Las Luisas	3821	4079	4192	4061	4260	2902	1816
San Pedro	3954	4155	4242	4233	4496	3070	1531

Tránsito promedio semanal diario de los camiones dividido entre el tránsito total de camiones

Día	Uruca	Col. Kennedy	Parq. La Paz	Las Luisas	San Pedro
Lunes	1.090	1.083	1.054	1.062	1.075
Martes	1.148	1.119	1.119	1.133	1.130
Miércoles	1.216	1.149	1.161	1.165	1.153
Jueves	1.225	1.142	1.142	1.129	1.151
Viernes	1.188	1.176	1.193	1.184	1.222
Sábado	0.727	0.828	0.853	0.806	0.835
Domingo	0.384	0.489	0.462	0.504	0.416

Estaciones durante el año 2016

Tránsito promedio semanal diario del total de vehículos

ESTACIÓN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
La Uruca	43193	44599	44849	44544	45227	37740	29278
Col. Kennedy	81582	82699	82030	82825	84999	80975	69159
Parq. La Paz	79220	78606	81358	78085	82180	81254	69316
Las Luisas	70422	71772	72935	73088	74280	73330	59937
San Pedro	57313	59085	59795	60036	61574	61950	47418

Tránsito promedio semanal diario del total de vehículos dividido entre el TPDA

Día	Uruca	Col. Kennedy	Parq. La Paz	Las Luisas	San Pedro
Lunes	1.045	1.020	1.009	0.994	0.985
Martes	1.079	1.034	1.001	1.013	1.015
Miércoles	1.085	1.026	1.036	1.030	1.028
Jueves	1.078	1.036	0.994	1.032	1.032
Viernes	1.094	1.063	1.046	1.049	1.058
Sábado	0.913	1.013	1.035	1.035	1.065
Domingo	0.708	0.865	0.883	0.846	0.815

Tránsito promedio semanal diario de los camiones

ESTACIÓN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
La Uruca	6041	6920	6774	6657	6847	4066	2011
Col. Kennedy	10063	10672	10646	10745	10459	7827	4757
Parq. La Paz	7631	7484	7566	7452	7646	5647	3050
Las Luisas	6131	6605	6712	6606	6822	5175	2882
San Pedro	3129	3519	3583	3497	3677	2378	1040

Tránsito promedio semanal diario de los camiones dividido entre el tránsito total de camiones

Día	Uruca	Col. Kennedy	Parq. La Paz	Las Luisas	San Pedro
Lunes	1.077	1.083	1.149	1.048	1.052
Martes	1.234	1.148	1.127	1.129	1.183
Miércoles	1.208	1.145	1.140	1.148	1.204
Jueves	1.187	1.156	1.122	1.129	1.175
Viernes	1.221	1.125	1.152	1.166	1.236
Sábado	0.725	0.842	0.850	0.885	0.799
Domingo	0.359	0.512	0.459	0.493	0.350

Estaciones durante el año 2017

Tránsito promedio semanal diario del total de vehículos

ESTACIÓN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
La Uruca	42682	42836	44318	44662	44593	37194	28092
Col. Kennedy	73356	75978	76463	77809	79874	73772	62912
Parq. La Paz	90567	92092	92453	91534	91803	94545	79816
Las Luisas	76259	78584	79659	78903	80354	82655	65764
San Pedro	56596	58557	59310	59047	60429	61896	48044

Tránsito promedio semanal diario del total de vehículos dividido entre el TPDA

Día	Uruca	Col. Kennedy	Parq. La Paz	Las Luisas	San Pedro
Lunes	1.052	0.990	0.987	0.985	0.981
Martes	1.055	1.025	1.004	1.015	1.015
Miércoles	1.092	1.032	1.008	1.028	1.028
Jueves	1.100	1.050	0.998	1.019	1.023
Viernes	1.099	1.078	1.001	1.037	1.047
Sábado	0.916	0.995	1.031	1.067	1.073
Domingo	0.692	0.849	0.870	0.849	0.833

Tránsito promedio semanal diario de los camiones

ESTACIÓN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
La Uruca	5480	6076	6555	6281	6100	3607	1607
Col. Kennedy	10573	11309	11393	11455	12064	9487	5684
Parq. La Paz	6217	6810	6892	7158	6657	4955	2670
Las Luisas	6921	7370	7496	7665	7562	5980	3189
San Pedro	3014	3156	3150	3242	3303	2204	874

Tránsito promedio semanal diario de los camiones dividido entre el tránsito total de camiones

Día	Uruca	Col. Kennedy	Parq. La Paz	Las Luisas	San Pedro
Lunes	1.075	1.029	1.051	1.047	1.113
Martes	1.192	1.100	1.151	1.115	1.165
Miércoles	1.286	1.108	1.165	1.134	1.163
Jueves	1.233	1.114	1.210	1.159	1.197
Viernes	1.197	1.174	1.126	1.144	1.220
Sábado	0.708	0.923	0.838	0.905	0.814
Domingo	0.315	0.553	0.451	0.482	0.323

Distribución vehicular

Estación de La Uruca

ESTACIÓN	LIVIANO Y C. LIVIANA	BUS Y CAMION	ARTICULADOS
2015	86,98%	10,21%	2,81%
2016	86,45%	10,56%	2,99%
2017	87,47%	9,47%	3,06%

Estación de Colonia Kennedy

ESTACIÓN	LIVIANO Y C. LIVIANA	BUS Y CAMION	ARTICULADOS
2015	89,53%	9,06%	1,41%
2016	88,43%	10,20%	1,37%
2017	85,58%	12,88%	1,53%

Estación de Parque de La Paz

ESTACIÓN	LIVIANO Y C. LIVIANA	BUS Y CAMION	ARTICULADOS
2015	91,59%	6,99%	1,42%
2016	91,55%	7,14%	1,32%
2017	93,37%	5,70%	0,93%

Estación de Las Luisas

ESTACIÓN	LIVIANO Y C. LIVIANA	BUS Y CAMION	ARTICULADOS
2015	94,33%	4,85%	0,83%
2016	91,74%	7,33%	0,93%
2017	91,47%	7,58%	0,96%

Estación de San Pedro

ESTACIÓN	LIVIANO Y C. LIVIANA	BUS Y CAMION	ARTICULADOS
2015	93,76%	5,50%	0,74%
2016	94,89%	4,45%	0,67%
2017	95,31%	4,06%	0,63%

ESTIMACIÓN DEL FLUJO DE SATURACIÓN EN LAS ESTACIONES DE RADAR

El flujo de saturación se obtiene con el propósito de poder elaborar la curva logística de crecimiento. Con el flujo de saturación se pone un techo al crecimiento del tramo de carretera que está en estudio. Este techo viene definido principalmente por las características geométricas y de tránsito pesado de la ruta en cuestión.

Las tablas utilizadas son las obtenidas del HCM, y que se muestran en el Capítulo 2.

Estación 01 La Uruca

Datos generales

Ruta:	39
Sección:	19090
Descripción:	La Uruca (Intersección Ruta 108) -Paso Superior Ruta 1

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso)	ondulado		
Velocidad límite	70		
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base)	80 km/h		50 mi/h
Ancho de carril	3.6 m		12 ft
Despeje lateral (espaldón)	2 m		7 ft
Cantidad de accesos	3		
Longitud tramo	0.87 km		1 mi
Densidad accesos	3.44827586 /km		6 /mi
Número de carriles sentido 1-2	3		
Número de carriles sentido 2-1	4		
Porcentaje de pesados	9.34% camiones		
Factor hora pico (PHF)			
Usuarios	Normales	$f_p =$	1
Distribución direccional			
Sentido 1 (mayor volumen)	45%		
Sentido 2	55%		

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	80.00
f_{LW} (km/h)	0
f_{LC} (km/h)	1.9
f_M (km/h)	0
f_A (km/h)	3
FFS	75.10

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS	46.66 mi/h
FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas	45 mi/h

42.5 mi/h $\leq$ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
 47.5 mi/h $\leq$ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
 52.5 mi/h $\leq$ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
 57.5 mi/h $\leq$ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal	1900 pc/h/ln
-----------------	--------------

Paso 4. Ajustar la capacidad

Capacidad ideal	1900 pc/h
PHF	0
f_p	1
P_T	9%
ET	2.5
f_{HV}	0.877
N sentido 1-2	3
N sentido 2-1	4
Capacidad sentido 1-2	5000 pc/h/ln
Capacidad sentido 2-1	6666 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K

0.0913

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	5000	6666	11666
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	54760	73013	127773

Sentido 1 Hacia La Uruca
 Sentido 2 Hacia Pavas

Estación 02 Colonia Kennedy

Datos generales

Ruta:	39
Sección:	19098
Descripción:	Hatillo (Paso Sup. R110) -San Sebastián (Paso Inf. R214)

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso)	Plano		
Velocidad límite	70		
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base)	80 km/h		50 mi/h
Ancho de carril	3.3 m		11 ft
Despeje lateral (espaldón)	0 m		0 ft
Cantidad de accesos	5		
Longitud tramo	1.605 km		1 mi
Densidad accesos	3.1152648 /km		5 /mi
Número de carriles por sentido	3		
Porcentaje de pesados	6.60% camiones		
Usuarios	Normales	$f_p =$	1

Distribución direccional

Sentido 1 (mayor volumen)	55%
Sentido 2	45%

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	80.00
fLW (km/h)	3
fLC (km/h)	6.3
fM (km/h)	0
fA (km/h)	2
FFS	68.70

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS	42.69 mi/h
FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas	45 mi/h

42.5 mi/h $\leq$ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
 47.5 mi/h $\leq$ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
 52.5 mi/h $\leq$ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
 57.5 mi/h $\leq$ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal	1900 pc/h/ln
-----------------	--------------

Paso 4. Ajustar el volumen de demanda

Capacidad ideal	1900 pc/h
f_p	1
P_T	7%
ET	1.5
f_{HV}	0.968
N	3
Capacidad	5518 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K

0.08

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	5518	5518	11036
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	68974	68974	137948

Estación 03 Parque de La Paz

Datos generales

Ruta:	39
Sección:	19100
Descripción:	PASO ANCHO PASO INFERIOR(R.213)-LA Y GRIEGA(PASO SUPERIOR R.209)

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso)	Plano		
Velocidad límite	70		
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base)	80 km/h	50 mi/h	
Ancho de carril	3 m	10 ft	
Despeje lateral (espalda)	0.3 m	1 ft	
Cantidad de accesos	5		
Longitud tramo	1.16 km	1 mi	
Densidad accesos	4.31034483 /km	5 /mi	
Número de carriles por sentido	3		
Porcentaje de pesados	5.66% camiones		
Usuarios	Normales $f_p =$	1	
Distribución direccional			
Sentido 1 (mayor volumen)	50%		
Sentido 2	50%		

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	80.00
f _{lW} (km/h)	10.6
f _{lC} (km/h)	5.4
f _M (km/h)	0
f _A (km/h)	3
FFS	61.00

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS	37.90 mi/h
FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas	Fuera de rango mi/h

42.5 mi/h ≤ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
 47.5 mi/h ≤ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
 52.5 mi/h ≤ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
 57.5 mi/h ≤ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal	1900 pc/h/ln
-----------------	--------------

Paso 4. Ajustar el volumen de demanda

Capacidad ideal	1900 pc/h
f _p	1
P _T	6%
E _T	1.5
f _{HV}	0.972
N	3
Capacidad	5543 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K	0.08
--------------------------------	------

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	5543	5543	11086
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	69289	69289	138578

Estación 04 Las Luisas

Datos generales

Ruta:	39
Sección:	19101
Descripción:	LA Y GRIEGA(PASO SUPERIOR R.209)-ZAPOTE(R.215)(ROTONDA GARANTIAS SOCIALES)

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso)	Plano
Velocidad límite	70
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base)	80 km/h
Ancho de carril	3.3 m
Despeje lateral (espaldón)	0.3 m
Cantidad de accesos	6
Longitud tramo	1.33 km
Densidad accesos	4.5112782 /km
Número de carriles por sentido	3
Porcentaje de pesados	6.06% camiones
Usuarios	Normales $f_p =$
	1
Distribución direccional	
Sentido 1 (mayor volumen)	65%
Sentido 2	35%

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	80.00
fLW (km/h)	3
fLC (km/h)	5.4
fM (km/h)	0
fA (km/h)	3
FFS	68.60

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS	42.63 mi/h
FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas	45 mi/h

42.5 mi/h $\leq$ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
 47.5 mi/h $\leq$ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
 52.5 mi/h $\leq$ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
 57.5 mi/h $\leq$ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal	1900 pc/h/ln
-----------------	--------------

Paso 4. Ajustar el volumen de demanda

Capacidad ideal	1900 pc/h
f_p	1
P_T	6%
ET	1.5
f_{HV}	0.971
N	3
Capacidad	5532 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K

0.08

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	5532	5532	11065
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	69155	69155	138309

Estación 05 San Pedro

Datos generales

Ruta: 39
 Sección: 19089
 Descripción: RÍO OCLORO (LÍMITE CANTONAL) - SAN PEDRO (PASO SUPERIOR R. 2)

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso)	Ondulado	
Velocidad límite	60	
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base)	70 km/h	44 mi/h
Ancho de carril	3 m	10 ft
Despeje lateral (espalda)	0.3 m	1 ft
Cantidad de accesos	5	
Longitud tramo	0.75 km	1 mi
Densidad accesos	6.6666667 /km	5 /mi
Número de carriles por sentido	3	
Porcentaje de pesados	10.68% camiones	
Usuarios	Normales $f_p =$	1
Distribución direccional		
Sentido 1 (mayor volumen)	50%	
Sentido 2	50%	

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	70.00
fLW (km/h)	10.6
fLC (km/h)	5.4
fM (km/h)	0
fA (km/h)	4.5
FFS	49.50

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS 30.76 mi/h
FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas Fuera de rango mi/h

42.5 mi/h $\leq$ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
47.5 mi/h $\leq$ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
52.5 mi/h $\leq$ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
57.5 mi/h $\leq$ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal 1900 pc/h/ln

Paso 4. Ajustar el volumen de demanda

Capacidad ideal 1900 pc/h
 f_p 1
 P_T 11%
ET 2.5
 f_{HV} 0.862
N 3
Capacidad 4913 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K 0.08

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	4913	4913	9826
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	61412	61412	122824

Seguidamente, se muestra en la siguiente tabla un resumen de las capacidades de saturación

Tramo	Tipo de indicador	Sentido 1	Sentido 2	Total
La Uruca (Intersección Ruta 108) -Paso Superior Ruta 1	Flujo de servicio, pc/h	5000	6666	11666
	TPDA de saturación (TPDA _{sat})	54760	73013	127773
Hatillo (Paso Sup. R110) -San Sebastián (Paso Inf. R214)	Flujo de servicio, pc/h	5518	5518	11036
	TPDA de saturación (TPDA _{sat})	68974	68974	137948
PASO ANCHO PASO INFERIOR(R. 213)-LA Y GRIEGA(PASO SUPERIOR R. 209)	Flujo de servicio, pc/h	5543	5543	11086
	TPDA de saturación (TPDA _{sat})	69289	69289	138578
LA Y GRIEGA(PASO SUPERIOR R. 209)-ZAPOTE(R. 215)(ROTONDA GARANTIAS SOCIALES)	Flujo de servicio, pc/h	5532	5532	11065
	TPDA de saturación (TPDA _{sat})	69155	69155	138309
RÍO OCLORO (LIMITE CANTONAL) - SAN PEDRO (PASO SUPERIOR R. 2)	Flujo de servicio, pc/h	4913	4913	9826
	TPDA de saturación (TPDA _{sat})	61412	61412	122824

*El flujo de servicio está dado en unidades de vehículos de pasajeros/hora (pc/h)

ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS SECCIONES DE CONTROL DONDE ESTÁN LAS ESTACIONES DE RADAR

Ahora sí, a partir del flujo de saturación se muestran los resultados de las curvas de crecimiento obtenidas.

Estación 01 La Uruca

No se pudo obtener la curva. Los datos con los que se cuentan, muestran un decrecimiento en los volúmenes. No se tiene claro la causa pero es más probable que se deba a algún error en la medición manual que se hizo hace unos años y mostrara un volumen mayor al estimado. De haber tenido datos más continuos y consistentes con los métodos y equipos de medición a lo largo de los años se podría apreciar cuál fue el error.

Estación 02 Colonia Kennedy

1. Información de la estación de referencia

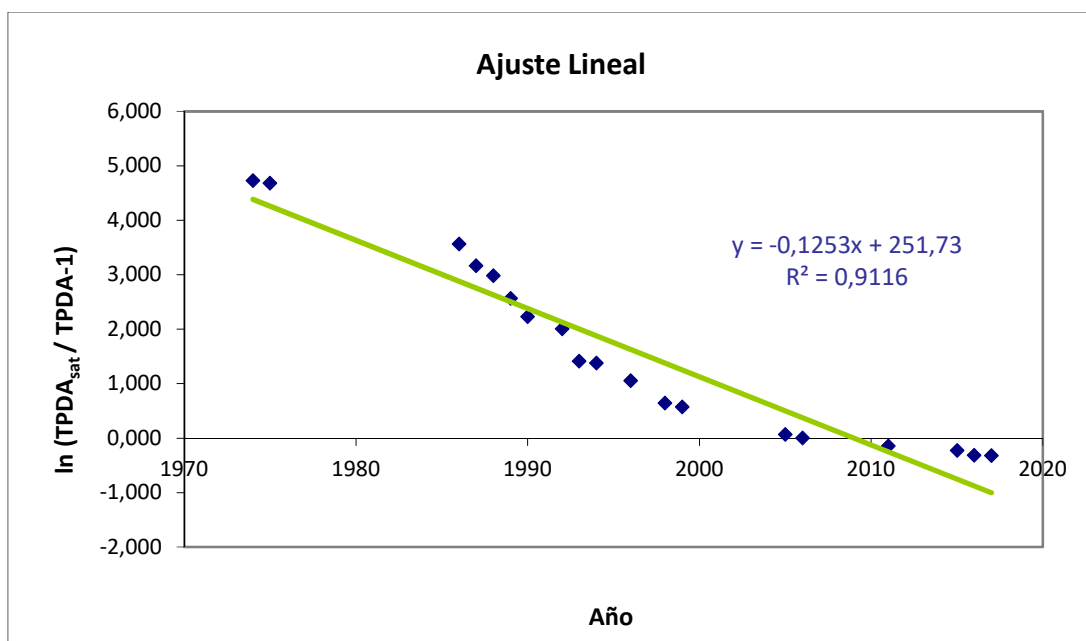
Estación:	San Sebastián
Ruta:	39
Sección de Control:	19098
Ubicación:	Hatillo (Paso Sup. R110) -San Sebastián (Paso Inf. R214)
Observaciones:	Datos históricos obtenidos de Estación 126 y Estación radar de San Sebastián

2. Tránsito Promedio de saturación

TPDA de saturación (TPDA _{sat}):	137948
--	--------

3. Cálculo de la tasa de crecimiento

AÑO	TPDA	$y' = \ln(TPDA_{sat} / TPDA - 1)$
1974	1208	4.7291
1975	1268	4.6802
1986	3802	3.5634
1987	5585	3.1655
1988	6,635	2.9852
1989	9,825	2.5681
1990	13,345	2.2340
1992	16,355	2.0061
1993	27,000	1.4132
1994	27,790	1.3772
1996	35,662	1.0537
1998	47,565	0.6420
1999	49,655	0.5756
2005	66,589	0.0692
2006	68,896	0.0023
2011	73,992	-0.1458
2015	76,680	-0.2244
2016	79787	-0.3161
2017	79970	-0.3216



La siguiente es la tabla a partir de la cual se obtiene la curva logística de crecimiento

Año	$y = TPDA_{sat} / (1 + e^{-(mx+b)})$	$i\%_{estimado}$	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1974	1699		1699	137948
1975	1922	13.16	1922	137948
1976	2175	13.14	2175	137948
1977	2460	13.11	2460	137948
1978	2782	13.08	2782	137948
1979	3144	13.04	3144	137948
1980	3553	13.00	3553	137948
1981	4014	12.96	4014	137948
1982	4532	12.91	4532	137948
1983	5115	12.85	5115	137948
1984	5769	12.79	5769	137948
1985	6503	12.72	6503	137948
1986	7324	12.64	7324	137948
1987	8244	12.55	8244	137948
1988	9270	12.45	9270	137948
1989	10414	12.34	10414	137948
1990	11687	12.22	11687	137948
1991	13099	12.08	13099	137948
1992	14661	11.93	14661	137948
1993	16386	11.76	16386	137948
1994	18283	11.58	18283	137948
1995	20364	11.38	20364	137948
1996	22636	11.16	22636	137948

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{(mx+b)})$	$i\%_{estimado}$	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1997	25108	10.92	25108	137948
1998	27784	10.66	27784	137948
1999	30668	10.38	30668	137948
2000	33760	10.08	33760	137948
2001	37056	9.76	37056	137948
2002	40549	9.43	40549	137948
2003	44226	9.07	44226	137948
2004	48073	8.70	48073	137948
2005	52068	8.31	52068	137948
2006	56187	7.91	56187	137948
2007	60403	7.50	60403	137948
2008	64686	7.09	64686	137948
2009	69001	6.67	69001	137948
2010	73317	6.25	73317	137948
2011	77598	5.84	77598	137948
2012	81814	5.43	81814	137948
2013	85932	5.03	85932	137948
2014	89925	4.65	89925	137948
2015	93769	4.28	93769	137948
2016	97444	3.92	97444	137948
2017	100935	3.58	100935	137948

Estación 03 Parque de La Paz

1. Información de la estación de referencia

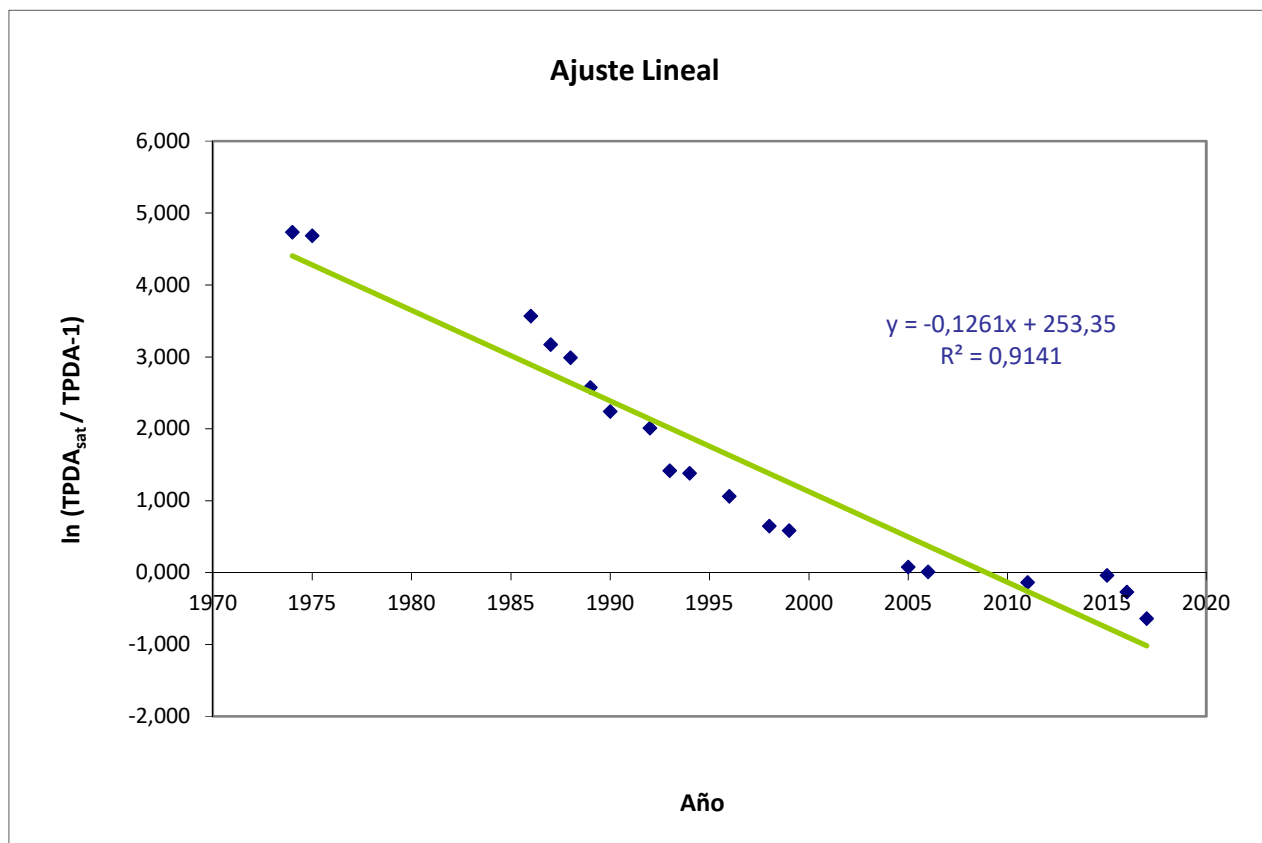
Estación: Parque de La Paz
Ruta: 39
Sección de Control: 19100
Ubicación: PASO ANCHO PASO INFERIOR(R.213)-LA Y GRIEGA(PASO SUPERIOR R.209)
Observaciones: Datos históricos obtenidos de Estación 126 y Estación de radar de Parque de La Paz

2. Tránsito Promedio de saturación

TPDA de saturación ($TPDA_{sat}$): 138578

3. Cálculo de la tasa de crecimiento

AÑO	TPDA	$y'=\ln(TPDA_{sat}/TPDA -1)$
1974	1208	4.7337
1975	1268	4.6848
1986	3802	3.5681
1987	5585	3.1702
1988	6635	2.9900
1989	9825	2.5730
1990	13,345	2.2390
1992	16,355	2.0113
1993	27,000	1.4189
1994	27,790	1.3829
1996	35,662	1.0598
1998	47,565	0.6489
1999	49655	0.5827
2005	66589	0.0780
2006	68896	0.0113
2011	73,992	-0.1360
2015	70,665	-0.0397
2016	78,535	-0.2685
2017	90793	-0.6419



La siguiente es la tabla a partir de la cual se obtiene la curva logística de crecimiento

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{(mx+b)})$	$i\%_{estimado}$	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1974	1675		1675	138578
1975	1897	13.26	1897	138578
1976	2148	13.23	2148	138578
1977	2432	13.20	2432	138578
1978	2752	13.17	2752	138578
1979	3114	13.14	3114	138578
1980	3522	13.10	3522	138578
1981	3982	13.05	3982	138578
1982	4499	13.00	4499	138578
1983	5082	12.95	5082	138578
1984	5737	12.88	5737	138578
1985	6472	12.81	6472	138578
1986	7296	12.73	7296	138578
1987	8218	12.64	8218	138578
1988	9249	12.54	9249	138578
1989	10399	12.43	10399	138578
1990	11679	12.31	11679	138578
1991	13101	12.17	13101	138578
1992	14675	12.02	14675	138578
1993	16414	11.85	16414	138578

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{(mx+b)})$	$i\%$ estimado	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1994	18328	11.66	18328	138578
1995	20428	11.46	20428	138578
1996	22724	11.24	22724	138578
1997	25222	10.99	25222	138578
1998	27929	10.73	27929	138578
1999	30847	10.45	30847	138578
2000	33977	10.15	33977	138578
2001	37314	9.82	37314	138578
2002	40851	9.48	40851	138578
2003	44575	9.12	44575	138578
2004	48471	8.74	48471	138578
2005	52517	8.35	52517	138578
2006	56688	7.94	56688	138578
2007	60956	7.53	60956	138578
2008	65289	7.11	65289	138578
2009	69654	6.69	69654	138578
2010	74015	6.26	74015	138578
2011	78340	5.84	78340	138578
2012	82594	5.43	82594	138578
2013	86746	5.03	86746	138578
2014	90768	4.64	90768	138578
2015	94637	4.26	94637	138578
2016	98331	3.90	98331	138578
2017	101835	3.56	101835	138578

Estación 04 Las Luisas

1. Información de la estación de referencia

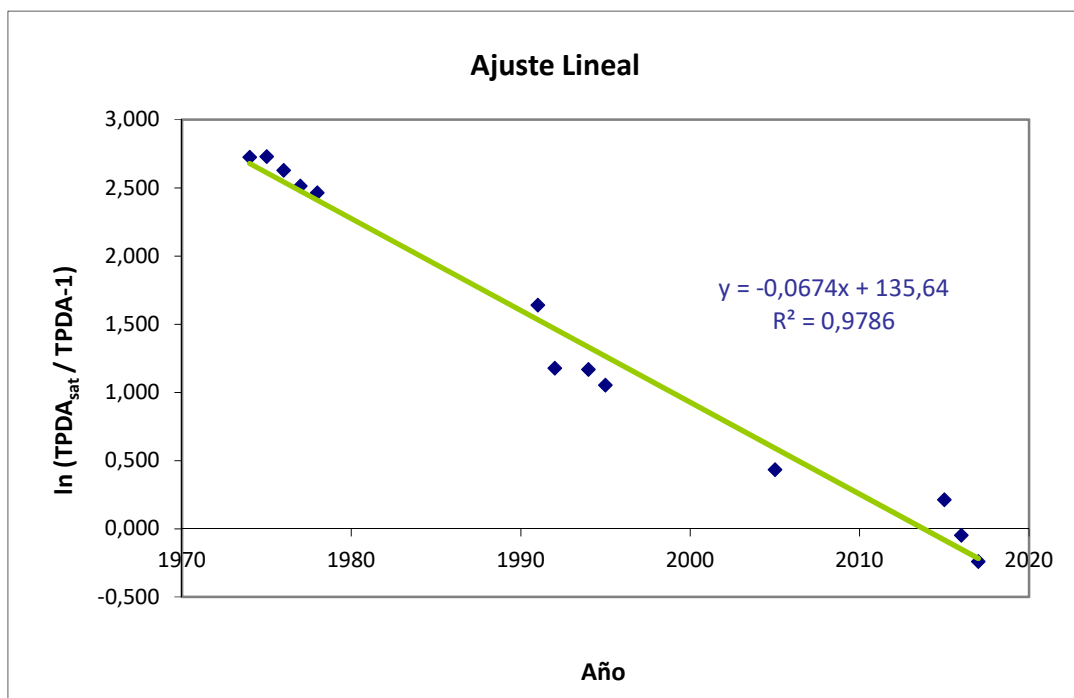
Estación:	Las Luisas
Ruta:	39
Sección de Control:	19101
Ubicación:	LA Y GRIEGA(PASO SUPERIOR R.209)-ZAPOTE(R.215)(ROTONDA GARANTIAS SOCIALES)
Observaciones:	Datos históricos obtenidos de Estación 209 y Estación Radar Las Luisas

2. Tránsito Promedio de saturación

TPDA de saturación (TPDA_{sat}): 138309

3. Cálculo de la tasa de crecimiento

AÑO	TPDA	$y'=\ln(\text{TPDA}_{\text{sat}}/\text{TPDA} -1)$
1974	8,511	2.7246
1975	8,470	2.7298
1976	9,315	2.6281
1977	10,365	2.5132
1978	10,835	2.4651
1991	22,445	1.6413
1992	32,580	1.1772
1994	32,820	1.1676
1995	35,770	1.0531
2005	54,374	0.4342
2015	61,850	0.2120
2016	70,840	-0.0488
2017	77,458	-0.2413



La siguiente es la tabla a partir de la cual se obtiene la curva logística de crecimiento

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{(mx+b)})$	$i\%$ estimado	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1979	12131		12131	138309
1980	12897	6.32	12897	138309
1981	13707	6.28	13707	138309
1982	14561	6.23	14561	138309
1983	15462	6.19	15462	138309
1984	16412	6.14	16412	138309
1985	17411	6.09	17411	138309
1986	18463	6.04	18463	138309
1987	19567	5.98	19567	138309
1988	20726	5.92	20726	138309
1989	21941	5.86	21941	138309
1990	23213	5.80	23213	138309
1991	24544	5.73	24544	138309
1992	25933	5.66	25933	138309
1993	27382	5.59	27382	138309
1994	28891	5.51	28891	138309
1995	30461	5.43	30461	138309
1996	32091	5.35	32091	138309
1997	33781	5.27	33781	138309
1998	35530	5.18	35530	138309
1999	37337	5.09	37337	138309
2000	39201	4.99	39201	138309
2001	41120	4.90	41120	138309
2002	43093	4.80	43093	138309
2003	45116	4.69	45116	138309
2004	47187	4.59	47187	138309
2005	49302	4.48	49302	138309
2006	51459	4.38	51459	138309
2007	53654	4.26	53654	138309
2008	55882	4.15	55882	138309
2009	58139	4.04	58139	138309
2010	60420	3.92	60420	138309
2011	62721	3.81	62721	138309
2012	65036	3.69	65036	138309
2013	67360	3.57	67360	138309
2014	69689	3.46	69689	138309
2015	72016	3.34	72016	138309
2016	74337	3.22	74337	138309
2017	76646	3.11	76646	138309

Estación 05 San Pedro

1. Información de la estación de referencia

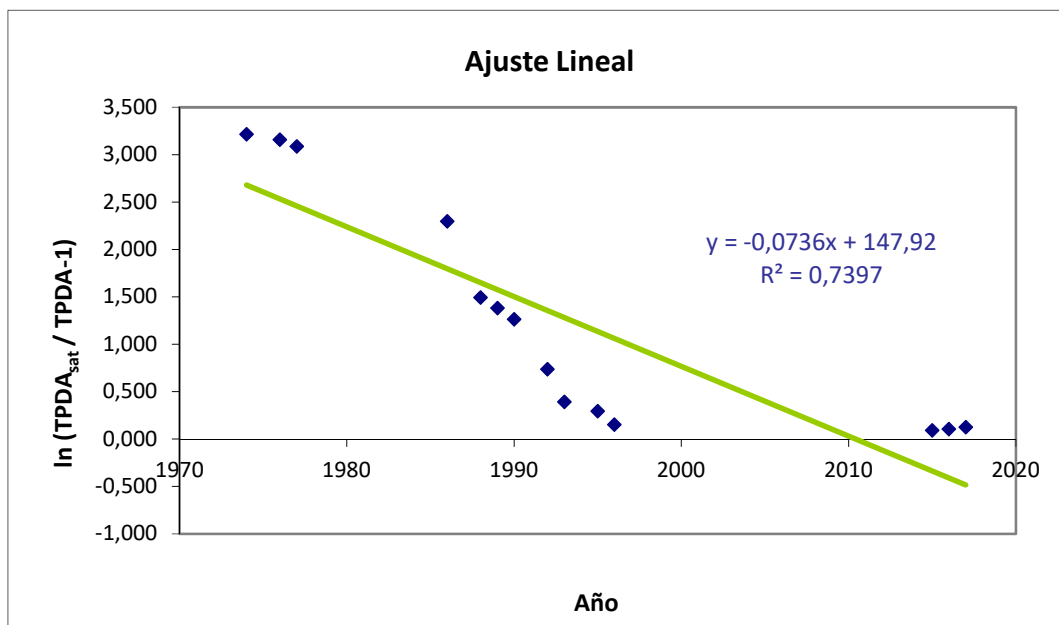
Estación: San Pedro
Ruta: 39
Sección de Control: 19089
Ubicación: RÍO OCLORO (LIMITE CANTONAL) - SAN PEDRO (PASO SUPERIOR R. 2)
Observaciones: Datos históricos obtenidos de Estación 137 y Estación Radar San Pedro

2. Tránsito Promedio de saturación

TPDA de saturación ($TPDA_{sat}$): 122824

3. Cálculo de la tasa de crecimiento

AÑO	TPDA	$y'=\ln(TPDA_{sat}/TPDA -1)$
1974	4730	3.2176
1976	5008	3.1581
1977	5357	3.0878
1986	11206	2.2986
1988	22510	1.4943
1989	24625	1.3832
1990	27085	1.2626
1992	39715	0.7384
1993	49500	0.3929
1995	52425	0.2948
1996	56710	0.1534
2015	58548	0.0933
2016	58187	0.1051
2017	57578	0.1250



La siguiente es la tabla a partir de la cual se obtiene la curva logística de crecimiento

Año	$y = TPDA_{sat} / (1 + e^{(mx+b)})$	$i\%_{estimado}$	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1975	8439		8439	122824
1976	9036	7.07	9036	122824
1977	9671	7.03	9671	122824
1978	10348	6.99	10348	122824
1979	11067	6.95	11067	122824
1980	11830	6.90	11830	122824
1981	12640	6.85	12640	122824
1982	13499	6.80	13499	122824
1983	14409	6.74	14409	122824
1984	15372	6.68	15372	122824
1985	16389	6.62	16389	122824
1986	17462	6.55	17462	122824
1987	18594	6.48	18594	122824
1988	19785	6.41	19785	122824
1989	21037	6.33	21037	122824
1990	22350	6.25	22350	122824
1991	23727	6.16	23727	122824
1992	25168	6.07	25168	122824
1993	26672	5.98	26672	122824
1994	28240	5.88	28240	122824
1995	29872	5.78	29872	122824
1996	31567	5.67	31567	122824
1997	33323	5.56	33323	122824
1998	35139	5.45	35139	122824
1999	37014	5.33	37014	122824

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{(mx+b)})$	$i\%_{estimado}$	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
2000	38944	5.21	38944	122824
2001	40926	5.09	40926	122824
2002	42958	4.96	42958	122824
2003	45035	4.84	45035	122824
2004	47154	4.70	47154	122824
2005	49309	4.57	49309	122824
2006	51495	4.43	51495	122824
2007	53708	4.30	53708	122824
2008	55941	4.16	55941	122824
2009	58188	4.02	58188	122824
2010	60445	3.88	60445	122824
2011	62704	3.74	62704	122824
2012	64959	3.60	64959	122824
2013	67205	3.46	67205	122824
2014	69435	3.32	69435	122824
2015	71645	3.18	71645	122824
2016	73827	3.05	73827	122824
2017	75977	2.91	75977	122824

ESTIMACIÓN DEL FLUJO DE SATURACIÓN EN LAS ESTACIONES TEMPORALES HISTÓRICAS DEL MOPT A LO LARGO DE LA RUTA 39

Al igual a como se hizo con las secciones de carretera donde están ubicadas las estaciones de radar, se calcula el volumen de saturación para las estaciones que históricamente el MOPT ha estado monitoreando sobre la ruta en estudio.

Estación 109

Datos generales

Ruta:	39
Sección:	19092
Descripción:	BOULEVAR ROHRMOSER(PASO INFERIOR PLAZA MAYOR)-PAVAS(PASO INFERIOR R.104)

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso)	Plano		
Velocidad límite	70		
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base)	80	km/h	50 mi/h
Ancho de carril	3.3	m	11 ft
Despeje lateral (espaldón)	0.8	m	3 ft
Cantidad de accesos	2		
Longitud tramo	0.59	km	0 mi
Densidad accesos	3.38983051	/km	5 /mi
Número de carriles por sentido	2		
Porcentaje de pesados	11.35%	camiones	
Usuarios	Normales	$f_p =$	1

Distribución direccional

Sentido 1 (mayor volumen)	55%
Sentido 2	45%

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	80.00
fLW (km/h)	3
fLC (km/h)	4.9
fM (km/h)	0
fA (km/h)	2.1
FFS	70.00

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS	43.50 mi/h
FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas	45 mi/h

42.5 mi/h $\leq$ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
 47.5 mi/h $\leq$ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
 52.5 mi/h $\leq$ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
 57.5 mi/h $\leq$ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal	1900 pc/h/ln
-----------------	--------------

Paso 4. Ajustar el volumen de demanda

Capacidad ideal	1900 pc/h
f_p	1
P_T	11%
ET	1.5
f_{HV}	0.946
N	2
Capacidad	3596 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K

0.08

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	3596	3596	7192
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	44949	44949	89898

Estación 178

Datos generales

Ruta: 39
 Sección: 19093
 Descripción: PAVAS(PASO INFERIOR R.104)-PASO INFERIOR RUTA 167(LADRILLERA LA SABANA)

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso)	Plano	
Velocidad límite	70	
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base)	80 km/h	50 mi/h
Ancho de carril	3 m	10 ft
Despeje lateral (espaldón)	1.4 m	5 ft
Cantidad de accesos	3	
Longitud tramo	0.62 km	0 mi
Densidad accesos	4.83870968 /km	8 /mi
Número de carriles por sentido	2	
Porcentaje de pesados	15.02% camiones	
Usuarios	Normales	$f_p =$ 1

Distribución direccional

Sentido 1 (mayor volumen)	55%
Sentido 2	45%

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	80.00
fLW (km/h)	10.6
fLC (km/h)	1.8
fM (km/h)	0
fA (km/h)	1.33
FFS	66.27

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS 41.18 mi/h
 FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas Fuera de rango mi/h

42.5 mi/h $\leq$ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
 47.5 mi/h $\leq$ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
 52.5 mi/h $\leq$ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
 57.5 mi/h $\leq$ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal 1900 pc/h/ln

Paso 4. Ajustar el volumen de demanda

Capacidad ideal	1900 pc/h
f_p	1
P_T	15%
ET	1.5
f_{HV}	0.930
N	2
Capacidad	3535 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K

0.08

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	3535	3535	7069
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	44182	44182	88364

Estación 218

Datos generales

Ruta: 39
 Sección: 19094
 Descripción: PASO INFERIOR RUTA 167(LADRILLERA LA SABANA)-HATILLOS 7/8

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso)	Plano
Velocidad límite	70
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base)	80 km/h
Ancho de carril	3.1 m
Despeje lateral (espaldón)	0.8 m
Cantidad de accesos	1
Longitud tramo	0.995 km
Densidad accesos	1.00502513 /km
Número de carriles por sentido	2
Porcentaje de pesados	9.23% camiones
Usuarios	Normales $f_p =$
	1

Distribución direccional

Sentido 1 (mayor volumen)	55%
Sentido 2	45%

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	80.00
fLW (km/h)	10.6
fLC (km/h)	5.2
fM (km/h)	0
fA (km/h)	0.7
FFS	63.50

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS 39.46 mi/h
FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas Fuera de rango mi/h

42.5 mi/h $\leq$ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
47.5 mi/h $\leq$ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
52.5 mi/h $\leq$ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
57.5 mi/h $\leq$ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal 1900 pc/h/ln

Paso 4. Ajustar el volumen de demanda

Capacidad ideal 1900 pc/h
 f_p 1
 P_T 9%
ET 1.5
 f_{HV} 0.956
N 2
Capacidad 3632 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K 0.08

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	3632	3632	7265
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	45405	45405	90809

Estación 145

Datos generales

Ruta: 39
Sección: 19095
Descripción: HATILLOS 7/8-HATILLOS 6/3(AV.CENTRAL)

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso) Plano
Velocidad límite 70
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base) 80 km/h 50 mi/h
Ancho de carril 3.1 m 11 ft
Despeje lateral (espalda) 0.7 m 3 ft
Cantidad de accesos 2
Longitud tramo 1.17 km 1 mi
Densidad accesos 1.70940171 /km 3 /mi
Número de carriles por sentido 3
Porcentaje de pesados 10.59% camiones
Usuarios Normales $f_p =$ 1
Distribución direccional
Sentido 1 (mayor volumen) 55%
Sentido 2 45%

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	80.00
fLW (km/h)	10.6
fLC (km/h)	5.5
fM (km/h)	0
fA (km/h)	1.3
FFS	62.60

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS	38.90 mi/h
FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas	Fuera de rango mi/h

42.5 mi/h $\leq$ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
 47.5 mi/h $\leq$ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
 52.5 mi/h $\leq$ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
 57.5 mi/h $\leq$ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal	1900 pc/h/ln
-----------------	--------------

Paso 4. Ajustar el volumen de demanda

Capacidad ideal	1900 pc/h
f_p	1
P_T	11%
ET	1.5
f_{HV}	0.950
N	3
Capacidad	5413 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K

0.08

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	5413	5413	10827
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	67667	67667	135334

Estación 213

Datos generales

Ruta:	39
Sección:	19096
Descripción:	HATILLOS 6/3(AV.CENTRAL)-HATILLO 4/5(R.176)(CALLE REPÚBLICA COSTA RICA)

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso)	Plano		
Velocidad límite	70		
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base)	80 km/h		50 mi/h
Ancho de carril	3 m		10 ft
Despeje lateral (espaldón)	0.3 m		1 ft
Cantidad de accesos	2		
Longitud tramo	0.81 km		1 mi
Densidad accesos	2.4691358 /km		4 /mi
Número de carriles por sentido	3		
Porcentaje de pesados	11.31% camiones		
Usuarios	Normales	$f_p =$	1

Distribución direccional

Sentido 1 (mayor volumen)	55%
Sentido 2	45%

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	80.00
fLW (km/h)	10.6
fLC (km/h)	7.3
fM (km/h)	0
fA (km/h)	1.9
FFS	60.20

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS	37.41 mi/h
FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas	Fuera de rango mi/h

42.5 mi/h $\leq$ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
 47.5 mi/h $\leq$ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
 52.5 mi/h $\leq$ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
 57.5 mi/h $\leq$ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal	1900 pc/h/ln
-----------------	--------------

Paso 4. Ajustar el volumen de demanda

Capacidad ideal	1900 pc/h
f_p	1
P_T	11%
ET	1.5
f_{HV}	0.946
N	3
Capacidad	5395 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K

0.08

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	5395	5395	10790
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	67436	67436	134873

Estación 133

Datos generales

Ruta: 39
 Sección: 19102
 Descripción: ZAPOTE(R.215)-LTE CANT.SAN JOSÉ/MONTES DE OCA(R.OCLORO)

Paso 1. Datos de entrada

Tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso)	Plano	
Velocidad límite	70	
BFFS (Velocidad de flujo libre, condiciones base)	80 km/h	50 mi/h
Ancho de carril	3 m	10 ft
Despeje lateral (espaldón)	0.3 m	1 ft
Cantidad de accesos	2	
Longitud tramo	0.77 km	0 mi
Densidad accesos	2.5974026 /km	4 /mi
Número de carriles por sentido	3	
Porcentaje de pesados	5.70% camiones	
Usuarios	Normales	$f_p =$
		1

Distribución direccional

Sentido 1 (mayor volumen)	55%
Sentido 2	45%

Paso 2. Calcular FFS

BFFS (km/h)	80.00
fLW (km/h)	10.6
fLC (km/h)	7.3
fM (km/h)	0
fA (km/h)	1.9
FFS	60.20

Paso 3. Seleccionar la curva de FFS

FFS 37.41 mi/h
FFS redondeado a las 5 mi/h más cercanas Fuera de rango mi/h

42.5 mi/h $\leq$ FFS < 47.5 mi/h: use FFS = 45 mi/h,
47.5 mi/h $\leq$ FFS < 52.5 mi/h: use FFS = 50 mi/h,
52.5 mi/h $\leq$ FFS < 57.5 mi/h: use FFS = 55 mi/h,
57.5 mi/h $\leq$ FFS < 62.5 mi/h: use FFS = 60 mi/h.

Capacidad ideal 1900 pc/h/ln

Paso 4. Ajustar el volumen de demanda

Capacidad ideal 1900 pc/h
 f_p 1
 P_T 6%
ET 1.5
 f_{HV} 0.972
N 3
Capacidad 5542 pc/h/ln

Paso 5. Determinar flujo de servicio y TPDA de saturación

Factor de volumen de diseño, K 0.08

	Sentido 1	Sentido 2	Total
Flujo de servicio, pc/h	5542	5542	11084
TPDA de saturación (TPDA _{sat})	69276	69276	138551

ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS SECCIONES DE CONTROL DONDE ESTÁN UBICADOS LOS PUENTES

Después de haber obtenido la capacidad máxima que puede sostener un tramo de carretera con las características de la carretera y de tránsito, se exponen las tablas con que se obtuvo las curvas de crecimiento.

Estación 109

1. Información de la estación de referencia

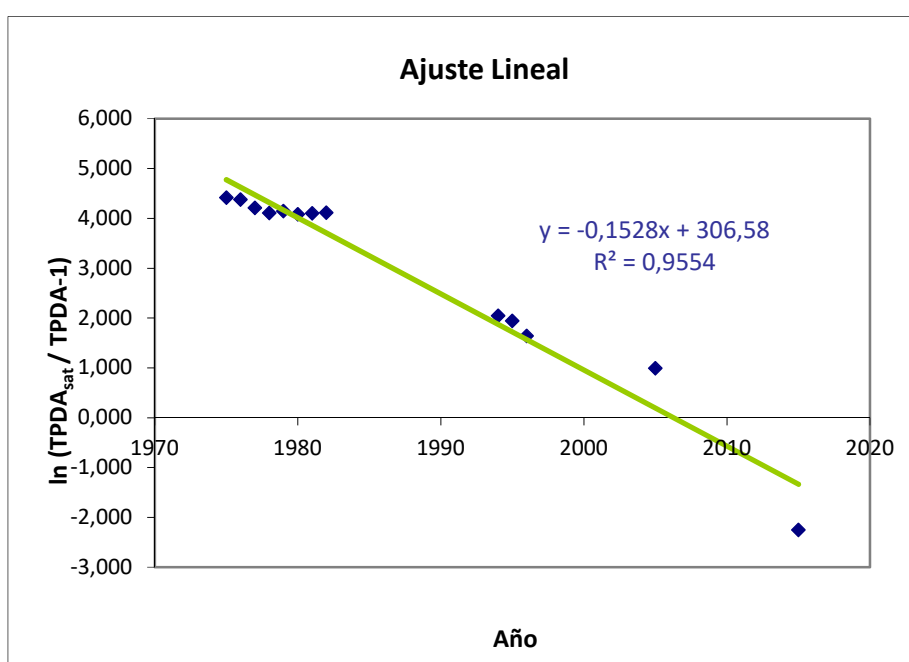
Estación: 109
Ruta: 39
Sección de Control: 19092
Ubicación: BOULEVAR ROHRMOSER(PASO INFERIOR PLAZA MAYOR)-PAVAS(PASO INFERIOR R.104)
Observaciones: 200 m después del Boulevard de Rohrmoser (sentido Uruca- SJ)

2. Tránsito Promedio de saturación

TPDA de saturación (TPDA_{sat}): 89898

3. Cálculo de la tasa de crecimiento

AÑO	TPDA	$y'=\ln(TPDA_{sat}/TPDA-1)$
1975	1,073	4.4162
1976	1,112	4.3801
1977	1,317	4.2086
1978	1,452	4.1095
1979	1,398	4.1480
1980	1489	4.0839
1981	1460	4.1039
1982	1443	4.1158
1994	10260	2.0492
1995	11280	1.9416
1996	14608	1.6398
2005	24354	0.9900
2015	81342	-2.2520



La siguiente es la tabla a partir de la cual se obtiene la curva logística de crecimiento

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{-(mx+b)})$	$i\%_{estimado}$	TPDA _{proyectado}	TPDA _{sat}
1975	752		752	89898
1976	875	16.35	875	89898
1977	1018	16.32	1018	89898
1978	1184	16.29	1184	89898
1979	1376	16.26	1376	89898
1980	1599	16.22	1599	89898
1981	1858	16.17	1858	89898
1982	2157	16.11	2157	89898
1983	2503	16.05	2503	89898
1984	2903	15.98	2903	89898

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{(mx+b)})$	$i\%$ estimado	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1985	3365	15.89	3365	89898
1986	3896	15.79	3896	89898
1987	4507	15.68	4507	89898
1988	5208	15.55	5208	89898
1989	6011	15.41	6011	89898
1990	6927	15.24	6927	89898
1991	7969	15.05	7969	89898
1992	9151	14.83	9151	89898
1993	10485	14.58	10485	89898
1994	11986	14.31	11986	89898
1995	13664	14.00	13664	89898
1996	15530	13.66	15530	89898
1997	17593	13.28	17593	89898
1998	19856	12.86	19856	89898
1999	22320	12.41	22320	89898
2000	24981	11.92	24981	89898
2001	27829	11.40	27829	89898
2002	30847	10.85	30847	89898
2003	34013	10.26	34013	89898
2004	37299	9.66	37299	89898
2005	40671	9.04	40671	89898
2006	44092	8.41	44092	89898
2007	47524	7.78	47524	89898
2008	50925	7.16	50925	89898
2009	54259	6.55	54259	89898
2010	57488	5.95	57488	89898
2011	60583	5.38	60583	89898
2012	63518	4.84	63518	89898
2013	66274	4.34	66274	89898
2014	68838	3.87	68838	89898
2015	71201	3.43	71201	89898
2016	73364	3.04	73364	89898
2017	75327	2.68	75327	89898

Estación 218

1. Información de la estación de referencia

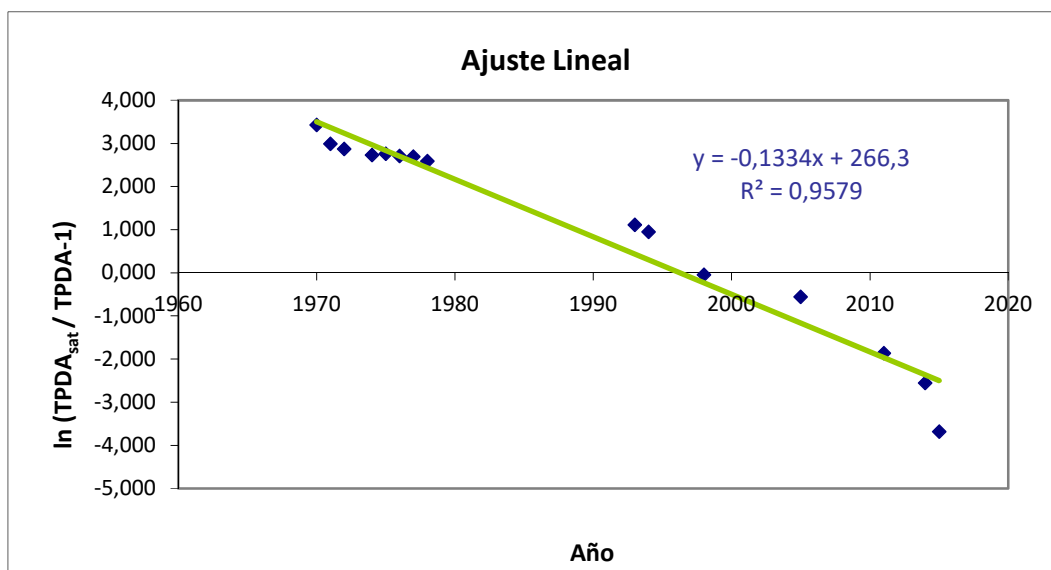
Estación: 218
 Ruta: 39
 Sección de Control: 19094
 Ubicación: PASO INFERIOR RUTA 167(LADRILLERA LA SABANA)-HATILLOS 7/8
 Observaciones: Puente Río María Aguilar

2. Tránsito Promedio de saturación

TPDA de saturación (TPDA_{sat}): 90809

3. Cálculo de la tasa de crecimiento

AÑO	TPDA	$y' = \ln(TPDA_{sat} / TPDA - 1)$
1970	2,854	3.4281
1971	4,361	2.9868
1972	4,853	2.8742
1974	5,548	2.7323
1975	5,391	2.7628
1976	5,674	2.7083
1977	5,752	2.6938
1978	6,347	2.5883
1993	22,485	1.1114
1994	25,320	0.9503
1998	46,465	-0.0467
2005	57,716	-0.5562
2011	78,602	-1.8624
2014	84,251	-2.5531
2015	88585	-3.6847



La siguiente es la tabla a partir de la cual se obtiene la curva logística de crecimiento

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{-(mx+b)})$	$i\%$ estimado	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1974	4432		4432	90809
1975	5030	13.48	5030	90809
1976	5702	13.37	5702	90809
1977	6458	13.26	6458	90809
1978	7306	13.12	7306	90809
1979	8254	12.97	8254	90809
1980	9311	12.81	9311	90809
1981	10486	12.62	10486	90809
1982	11788	12.42	11788	90809
1983	13225	12.19	13225	90809
1984	14805	11.94	14805	90809
1985	16533	11.67	16533	90809
1986	18414	11.38	18414	90809
1987	20450	11.06	20450	90809
1988	22641	10.71	22641	90809
1989	24983	10.34	24983	90809
1990	27469	9.95	27469	90809
1991	30090	9.54	30090	90809
1992	32832	9.11	32832	90809
1993	35677	8.66	35677	90809
1994	38603	8.20	38603	90809
1995	41589	7.73	41589	90809
1996	44609	7.26	44609	90809
1997	47635	6.78	47635	90809
1998	50642	6.31	50642	90809
1999	53603	5.85	53603	90809
2000	56494	5.39	56494	90809
2001	59292	4.95	59292	90809
2002	61978	4.53	61978	90809
2003	64537	4.13	64537	90809
2004	66956	3.75	66956	90809
2005	69227	3.39	69227	90809
2006	71345	3.06	71345	90809
2007	73307	2.75	73307	90809
2008	75115	2.47	75115	90809
2009	76772	2.21	76772	90809
2010	78283	1.97	78283	90809
2011	79655	1.75	79655	90809
2012	80896	1.56	80896	90809
2013	82014	1.38	82014	90809
2014	83018	1.22	83018	90809
2015	83917	1.08	83917	90809

Año	$y = TPDA_{sat} / (1 + e^{-(mx+b)})$	$i\%$ estimado	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
2016	84720	0.96	84720	90809
2017	85436	0.84	85436	90809

Estación 145

1. Información de la estación de referencia

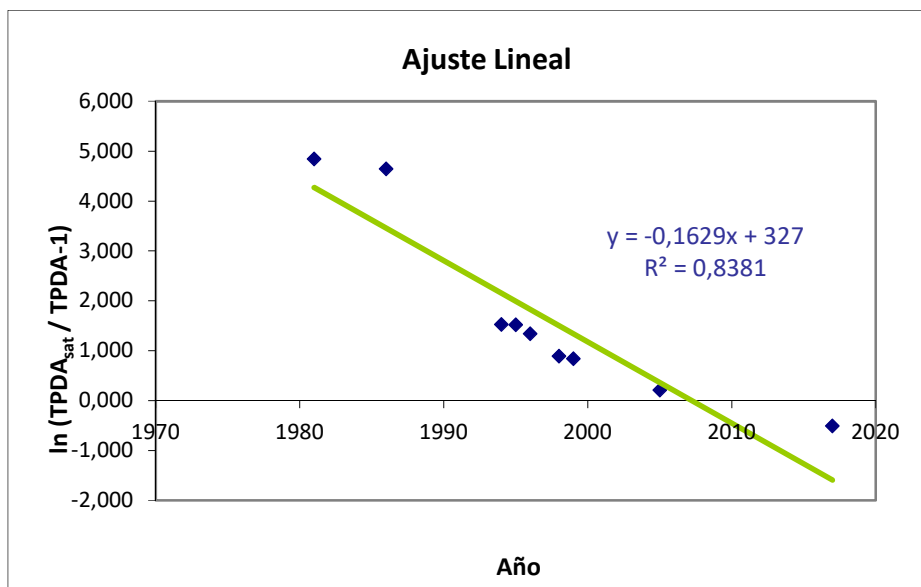
Estación: 145
 Ruta: 39
 Sección de Control: 19095
 Ubicación: HATILLOS 7/8-HATILLOS 6/3(AV.CENTRAL)
 Observaciones: Frente al centro comercial de Hatillo 2

2. Tránsito Promedio de saturación

TPDA de saturación ($TPDA_{sat}$): 135334

3. Cálculo de la tasa de crecimiento

AÑO	TPDA	$y' = \ln(TPDA_{sat} / TPDA - 1)$
1981	1,058	4.8435
1986	1,288	4.6451
1994	24,090	1.5299
1995	24,253	1.5217
1996	27,999	1.3438
1998	39,270	0.8946
1999	40,820	0.8396
2005	60,591	0.2099
2017	84,430	-0.5060



La siguiente es la tabla a partir de la cual se obtiene la curva logística de crecimiento

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{(mx+b)})$	$i\%$ estimado	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1985	3526		3526	135334
1986	4131	17.15	4131	135334
1987	4836	17.06	4836	135334
1988	5655	16.95	5655	135334
1989	6607	16.83	6607	135334
1990	7710	16.69	7710	135334
1991	8983	16.52	8983	135334
1992	10450	16.33	10450	135334
1993	12133	16.11	12133	135334
1994	14057	15.86	14057	135334
1995	16245	15.57	16245	135334
1996	18722	15.25	18722	135334
1997	21508	14.88	21508	135334
1998	24621	14.47	24621	135334
1999	28074	14.02	28074	135334
2000	31871	13.53	31871	135334
2001	36010	12.99	36010	135334
2002	40475	12.40	40475	135334
2003	45243	11.78	45243	135334
2004	50274	11.12	50274	135334
2005	55520	10.43	55520	135334
2006	60921	9.73	60921	135334
2007	66410	9.01	66410	135334
2008	71917	8.29	71917	135334
2009	77367	7.58	77367	135334
2010	82691	6.88	82691	135334
2011	87827	6.21	87827	135334
2012	92720	5.57	92720	135334
2013	97327	4.97	97327	135334
2014	101618	4.41	101618	135334
2015	105572	3.89	105572	135334
2016	109181	3.42	109181	135334
2017	112448	2.99	112448	135334

Estación 213

1. Información de la estación de referencia

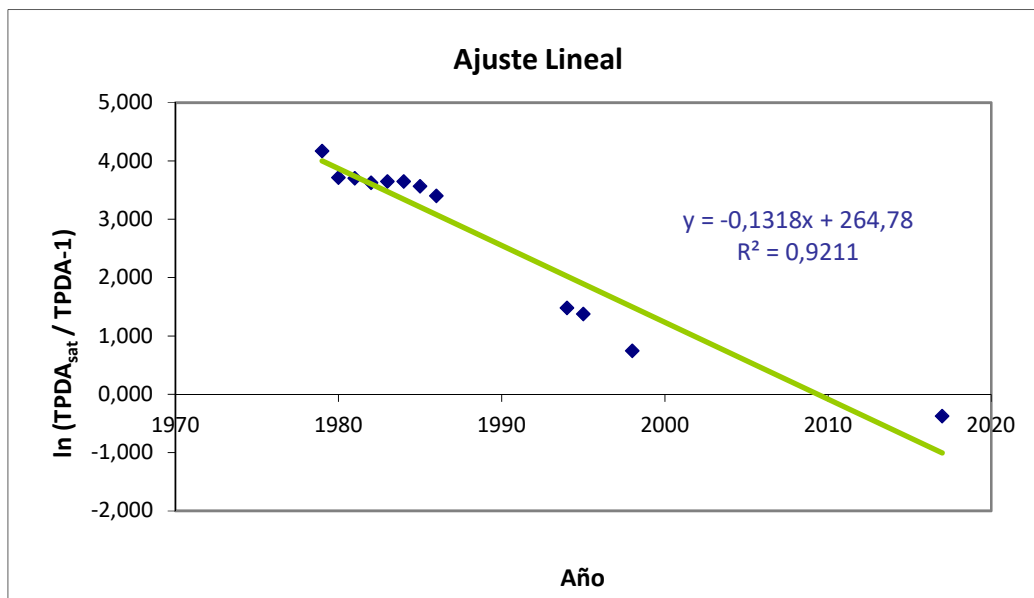
Estación: 213
 Ruta: 39
 Sección de Control: 19096
 Ubicación: HATILLOS 6/3(AV.CENTRAL)-HATILLO 4/5(R.176)(CALLE REPÚBLICA COSTA RICA)
 Observaciones: Frente a la plaza de Hatillo 3

2. Tránsito Promedio de saturación

TPDA de saturación (TPDA_{sat}): 134873

3. Cálculo de la tasa de crecimiento

AÑO	TPDA	$y'=\ln(TPDA_{sat}/TPDA-1)$
1979	2054	4.1692
1980	3210	3.7140
1981	3238	3.7051
1982	3495	3.6267
1983	3419	3.6493
1984	3411	3.6517
1985	3700	3.5682
1986	4348	3.4018
1994	24935	1.4836
1995	27180	1.3768
1998	43425	0.7447
2017	79853	-0.3725



La siguiente es la tabla a partir de la cual se obtiene la curva logística de crecimiento

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{-(mx+b)})$	i% <i>estimado</i>	TPDA _{proyectado}	TPDA _{sat}
1980	2760		2760	134873
1981	3139	13.76	3139	134873

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{-(mx+b)})$	$i\%_{estimado}$	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1982	3570	13.71	3570	134873
1983	4057	13.66	4057	134873
1984	4609	13.60	4609	134873
1985	5233	13.54	5233	134873
1986	5938	13.46	5938	134873
1987	6732	13.38	6732	134873
1988	7627	13.29	7627	134873
1989	8633	13.18	8633	134873
1990	9761	13.07	9761	134873
1991	11023	12.93	11023	134873
1992	12432	12.79	12432	134873
1993	14002	12.62	14002	134873
1994	15744	12.44	15744	134873
1995	17671	12.24	17671	134873
1996	19794	12.02	19794	134873
1997	22125	11.77	22125	134873
1998	24671	11.51	24671	134873
1999	27439	11.22	27439	134873
2000	30432	10.91	30432	134873
2001	33649	10.57	33649	134873
2002	37085	10.21	37085	134873
2003	40731	9.83	40731	134873
2004	44572	9.43	44572	134873
2005	48588	9.01	48588	134873
2006	52755	8.58	52755	134873
2007	57043	8.13	57043	134873
2008	61419	7.67	61419	134873
2009	65846	7.21	65846	134873
2010	70287	6.74	70287	134873
2011	74704	6.28	74704	134873
2012	79058	5.83	79058	134873
2013	83315	5.38	83315	134873
2014	87442	4.95	87442	134873
2015	91411	4.54	91411	134873
2016	95198	4.14	95198	134873
2017	98786	3.77	98786	134873

Estación 133

1. Información de la estación de referencia

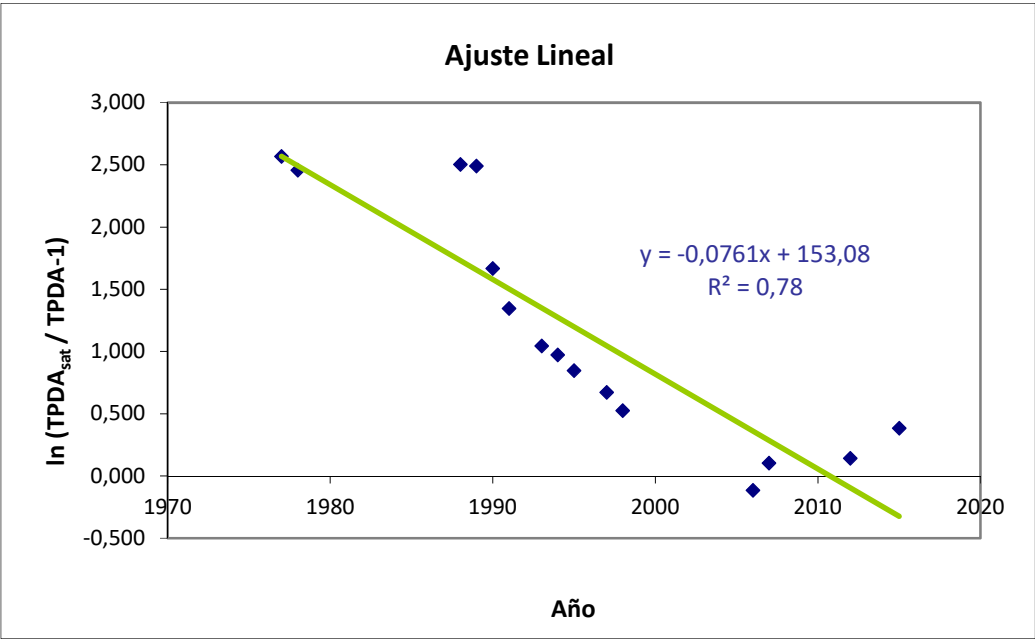
Estación: 133
Ruta: 39
Sección de Control: 19102
Ubicación: ZAPOTE(R.215)-LTE CANT.SAN JOSÉ/MONTES DE OCA(R.OCLORO)
Observaciones: 200 m antes del desnivel de la R. 204 a Zapote

2. Tránsito Promedio de saturación

TPDA de saturación (TPDA_{sat}): 138551

3. Cálculo de la tasa de crecimiento

AÑO	TPDA	$y'=\ln(TPDA_{sat} / TPDA -1)$
1977	9881	2.5666
1978	10937	2.4569
1988	10465	2.5047
1989	10600	2.4908
1990	21980	1.6684
1991	28640	1.3449
1993	36038	1.0454
1994	37995	0.9733
1995	41610	0.8458
1997	46860	0.6713
1998	51495	0.5251
2006	73262	-0.1152
2007	65690	0.1036
2012	64371	0.1418
2015	56162	0.3832



La siguiente es la tabla a partir de la cual se obtiene la curva logística de crecimiento

Año	$y=TPDA_{sat}/(1+e^{(mx+b)})$	$i\%$ estimado	$TPDA_{proyectado}$	$TPDA_{sat}$
1980	12162		12162	138551
1981	13033	7.17	13033	138551
1982	13960	7.11	13960	138551
1983	14946	7.06	14946	138551
1984	15991	7.00	15991	138551
1985	17100	6.93	17100	138551
1986	18274	6.87	18274	138551
1987	19516	6.80	19516	138551
1988	20828	6.72	20828	138551
1989	22211	6.64	22211	138551
1990	23668	6.56	23668	138551
1991	25200	6.47	25200	138551
1992	26808	6.38	26808	138551
1993	28492	6.28	28492	138551
1994	30254	6.18	30254	138551
1995	32092	6.08	32092	138551
1996	34008	5.97	34008	138551
1997	35999	5.85	35999	138551
1998	38064	5.74	38064	138551
1999	40202	5.61	40202	138551
2000	42408	5.49	42408	138551
2001	44681	5.36	44681	138551
2002	47016	5.23	47016	138551
2003	49409	5.09	49409	138551
2004	51854	4.95	51854	138551
2005	54347	4.81	54347	138551
2006	56881	4.66	56881	138551
2007	59450	4.52	59450	138551
2008	62046	4.37	62046	138551
2009	64664	4.22	64664	138551
2010	67294	4.07	67294	138551
2011	69931	3.92	69931	138551
2012	72565	3.77	72565	138551
2013	75190	3.62	75190	138551
2014	77798	3.47	77798	138551
2015	80382	3.32	80382	138551
2016	82934	3.18	82934	138551
2017	85448	3.03	85448	138551

ASIGNACIÓN DE DATOS DE TPD A UN PUENTE

Con base en criterio experto, se asigna un dato de Tránsito Promedio Diario a la sección de control donde está localizado el puente y ese dato es el que se le asigna al puente.

CORRELACIÓN DE LOS DATOS

A partir de los datos obtenidos de la inspección visual de los puentes y de la información del volumen de tránsito (TPD) asignado a cada estructura, se construye una matriz para obtener una correlación entre los diferentes daños y el tránsito para el año que se hizo la inspección.

Se experimenta haciendo dos matrices: la primera incluye todas las variables correspondientes a juntas de expansión, losa, viga principal y vigas diafragma de concreto de la mayoría de los puentes. Debido a que en el puente que cruza sobre la Ruta 27 únicamente se pudo detectar variaciones en la viga principal de concreto y no fueron visibles a simple vista otros cambios, se hace una matriz aparte para incluir este puente junto con otros que presentan daños en la misma variable. Para identificar las variables dentro de la matriz, se les asignó un código.

Puente	Año	TPD	Yc1	Yc2	Yc3	Yc4	Yc5	Yc6	Yd1	Yd2	Yd3	Yd4	Yd5	Yd6	Yd7	Ye1	Ye2	Ye3	Ye4	Ye5	Ye6	Yf1	Yf2	Yf3	Yf4	Yf5	Yf6
PSSR 2	1982	3739	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 1	1994	10260	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2002	19400	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2002	17908	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 2	2014	29274	2	3	2	1	1	1	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
PSSR 1	2015	33522	1	3	1	1	5	1	5	5	2	1	1	2	3	1	1	2	1	1	2	1	1	3	1	1	1
PSSR 209	2015	36746	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2015	33920	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
PSSR 1	2017	40591	3	3	4	2	5	4	5	5	2	1	1	2	3	2	1	2	1	1	2	2	1	3	1	1	2
PSSR 2	2017	28789	2	4	2	1	2	2	5	5	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1	2
PSSR 209	2017	47213	3	2	1	2	2	2	5	5	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2
PSSR 209	2017	43581	2	1	1	1	1	1	5	5	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2

Puente	Año	TPD	Ye1	Ye2	Ye3	Ye4	Ye5	Ye6
PSSR 2	1982	3739	1	1	1	1	1	1
PSSR 27	1990	11918	1	1	1	1	1	1
PSSR 1	1994	10260	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2002	19400	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2002	17908	1	1	1	1	1	1
PSSR 2	2014	29274	1	1	1	1	1	2
PSSR 1	2015	33522	1	1	2	1	1	2
PSSR 209	2015	36746	2	1	1	1	1	1
PSSR 209	2015	33920	2	1	1	1	2	2
PSSR 27	2015	33522	1	1	1	1	1	2
PSSR 1	2017	40591	2	1	2	1	1	2
PSSR 209	2017	47213	2	1	1	1	1	2
PSSR 209	2017	43581	2	1	1	1	2	2
PSSR 2	2017	28789	2	1	1	1	1	4
PSSR 27	2017	40591	3	1	1	1	1	2

CORRIDA EN EL PROGRAMA DE MINITAB 18

Seguidamente se muestran los resultados arrojados por el programa Minitab 18

Análisis de regresión: TPD vs. Yc1; Yc2; Yc3; Yc4; Yc5; Yc6; ... f4; Yf5; Yf6

*** ERROR * Los predictores continuos deben tener más de un valor distinto.**

Análisis de regresión: TPD vs. Ye1; Ye2; Ye3; Ye4; Ye5; Ye6

*** ERROR * Los predictores continuos deben tener más de un valor distinto.**

Para ambas matrices el análisis no funciona en el programa, ya que repite mucho algunos valores como el uno. Por lo tanto, lo que se hace es eliminar algunas variables que poseen valores que no varían en su calificación a lo largo de los años. Después de revisar los valores que se repiten en las columnas se eliminan de la primera matriz, las siguientes variables:

Variable	Significado
Yd4	Acero de refuerzo expuesto en losa de concreto
Yd5	Nidos de piedra en losa de concreto
Ye2	Grietas en dos direcciones en viga principal concreto
Ye4	Acero de refuerzo expuesto en viga principal concreto
Yf2	Grietas en dos direcciones en viga diafragma concreto
Yf4	Acero de refuerzo expuesto en viga diafragma concreto
Yf5	Nidos de piedra en viga diafragma de concreto

De la segunda matriz se borran las variables Ye2 y Ye4.

La matriz que se trabajará en el análisis queda de la siguiente manera:

Puente	Año	TPD	Yc1	Yc2	Yc3	Yc4	Yc5	Yc6	Yd1	Yd2	Yd3	Yd6	Yd7	Ye1	Ye3	Ye5	Ye6	Yf1	Yf3	Yf6
PSSR 2	1982	3739	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 1	1994	10260	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2002	19400	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2002	17908	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PSSR 2	2014	29274	2	3	2	1	1	1	5	5	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
PSSR 1	2015	33522	1	3	1	1	5	1	5	5	2	2	3	1	2	1	2	1	3	1
PSSR 209	2015	36746	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
PSSR 209	2015	33920	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1
PSSR 1	2017	40591	3	3	4	2	5	4	5	5	2	2	3	2	2	1	2	2	3	2
PSSR 2	2017	28789	2	4	2	1	2	2	5	5	2	2	1	2	1	1	4	2	1	2
PSSR 209	2017	47213	3	2	1	2	2	2	5	5	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2
PSSR 209	2017	43581	2	1	1	1	1	1	5	5	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2

Puente	Año	TPD	Ye1	Ye3	Ye5	Ye6
PSSR 2	1982	3739	1	1	1	1
PSSR 27	1990	11918	1	1	1	1
PSSR 1	1994	10260	1	1	1	1
PSSR 209	2002	19400	1	1	1	1
PSSR 209	2002	17908	1	1	1	1
PSSR 2	2014	29274	1	1	1	2
PSSR 1	2015	33522	1	2	1	2
PSSR 209	2015	36746	2	1	1	1
PSSR 209	2015	33920	2	1	2	2
PSSR 27	2015	33522	1	1	1	2
PSSR 1	2017	40591	2	2	1	2
PSSR 209	2017	47213	2	1	1	2
PSSR 209	2017	43581	2	1	2	2
PSSR 2	2017	28789	2	1	1	4
PSSR 27	2017	40591	3	1	1	2

Los resultados obtenidos para la primera matriz son los siguientes:

Análisis de regresión: TPD vs. Yc1; Yc2; Yc3; Yc4; Yc5; Yc6; ... Yf1; Yf3; Yf6

No se pueden estimar los siguientes términos y se eliminaron:
Yd2; Yd3; Yd6; Yd7; Ye1; Ye3; Ye6; Yf1; Yf3; Yf6

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	8	1828963437	228620430	4.34	0.127
Yc1	1	46671711	46671711	0.89	0.416
Yc2	1	60839655	60839655	1.15	0.361
Yc3	1	20876844	20876844	0.40	0.574
Yc4	1	5839917	5839917	0.11	0.761
Yc5	1	31674309	31674309	0.60	0.495
Yc6	1	5174607	5174607	0.10	0.775
Yd1	1	457716663	457716663	8.68	0.060
Ye5	1	3994947	3994947	0.08	0.801
Error	3	158202600	52734200		
Total	11	1987166037			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
7261.83	92.04%	70.81%	*

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	13587	24789	0.55	0.622	
Yc1	9661	10270	0.94	0.416	13.83
Yc2	-6207	5779	-1.07	0.361	8.66
Yc3	-4719	7500	-0.63	0.574	9.51
Yc4	-8371	25156	-0.33	0.761	20.00
Yc5	2298	2965	0.78	0.495	4.28
Yc6	3425	10933	0.31	0.775	20.21
Yd1	5980	2030	2.95	0.060	3.33
Ye5	-2827	10270	-0.28	0.801	3.33

Ecuación de regresión

$$\text{TPD} = 13587 + 9661 \text{ Yc1} - 6207 \text{ Yc2} - 4719 \text{ Yc3} - 8371 \text{ Yc4} + 2298 \text{ Yc5} + 3425 \text{ Yc6} + 5980 \text{ Yd1} - 2827 \text{ Ye5}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	TPD	Ajuste	Resid	Resid est.	
5	29274	29274	-0	*	X
6	33522	33522	-0	*	X
7	36746	36746	-0	*	X
8	33920	33920	-0	*	X
9	40591	40591	0	*	X
10	28789	28789	-0	*	X
11	47213	47213	-0	*	X
12	43581	43581	-0	*	X

X poco común X

Los resultados obtenidos para la segunda matriz son los siguientes:

Análisis de regresión: TPD vs. Ye1; Ye3; Ye5; Ye6

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	4	3074028737	768507184	1.52	0.269
Ye1	1	1888512036	1888512036	3.74	0.082
Ye3	1	2541626	2541626	0.01	0.945
Ye5	1	87765233	87765233	0.17	0.686
Ye6	1	143924187	143924187	0.28	0.605
Error	10	5055212685	505521268		
Falta de ajuste	4	3441103139	860275785	3.20	0.099
Error puro	6	1614109546	269018258		
Total	14	8129241422			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
22483.8	37.81%	12.94%	0.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	1620	31708	0.05	0.960	
Ye1	20962	10845	1.93	0.082	1.33
Ye3	1243	17527	0.07	0.945	1.05
Ye5	-7544	18106	-0.42	0.686	1.12
Ye6	4526	8482	0.53	0.605	1.27

Ecuación de regresión

$$\text{TPD} = 1620 + 20962 \text{ Ye1} + 1243 \text{ Ye3} - 7544 \text{ Ye5} + 4526 \text{ Ye6}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	TPD	Ajuste	Resid	Resid est.	
10	81342	25333	56009	2.76	R
14	28789	55347	-26558	-2.40	R

Residuo grande R

CAPÍTULO 8. ANEXO

8.1 Información de tránsito histórica

De los conteos manuales que ha venido haciendo el MOPT a lo largo de los años, se logró rescatar de los archivos los datos de las estaciones ubicadas a lo largo de la ruta de interés en este estudio. Los mismos se muestran a continuación para su análisis.

 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL								
TRÁNSITO HISTÓRICO CLASIFICADO								
ESTACIÓN N°: 109 RUTA N°: 39 SECC. CONTROL: 19092 DESC. TRAMO: BOULEVAR ROHRMOSER(PASO INFERIOR PLAZA MAYOR)- PAVAS (PASO INFERIOR R.104) LOCALIZACIÓN: 200 M DESPUÉS BOULEVARD DE ROHRMOSER								
AÑO	TPDA	VEHÍC. LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS				
		PASAJ	C. LIVIANA	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES+
1975	1073	57.64	24.21	13.13	4.72	0.2		0.1
1976	1112	57.64	24.21	13.13	4.72	0.2		0.1
1977	1317	53.02	30.02	10.92	5.95	0.09		
1978	1452	53.02	30.02	10.92	5.95	0.09		
1979	1398	55.62	31.55	8.9	3.8	0.13		
1980	1489	51.3	34.33	8.95	5.34	0.08		
1981	1460	51.12	36.37	8.04	4.22	0.25		
1982	1443	52.25	37.12	4.86	5.59			0.18
1994	10260	74.17	22.46	0.72	2.45	0.17	0	0.03
1995	11280	75.08	21.31	0.46	3.01	0.12	0	0.02
1996	14608	74.45	21.74	0.5	3.11	0.15	0	0.05
2005	24354	86.63	10.44	1.06	1.8	0.05	0	0.02
2015	81342	74.26	14.39	2.5	5.29	1.52	0.16	1.88

Fuente: Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT.



**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL**

TRÁNSITO HISTÓRICO CLASIFICADO

ESTACIÓN Nº: 218
 RUTA Nº: 39
 SECC. CONTROL: 19094
 DESC. TRAMO: PASO INFERIOR RUTA 167(LADRILLERA LA SABANA)-HATILLOS 7/8
 LOCALIZACIÓN: PUENTE RÍO MARÍA AGUILAR

AÑO	TPDA	VEHÍC. LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS				
		PASAJ	C. LIVIANA	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES+
1970	2854	57.27	22.95	15.27	4.33	0.07		0.11
1971	4361	61.22	23.94	10.14	4.7			
1972	4853	59.54	26.09	9.34	4.88	0.15		
1974	5548	71.67	16.77	8.06	3.28	0.15		0.07
1975	5391	71.67	16.77	8.06	3.28	0.15		0.07
1976	5674	69.67	17.21	7.48	5.2	0.33		0.11
1977	5752	65.7	23.01	5.93	4.38	0.54	0.02	0.42
1978	6347	65.7	23.01	5.93	4.38	0.54	0.02	0.42
1993	22485	70.74	23.06	0.78	4.72	0.39	0.02	0.29
1994	25320	71.46	20.77	1.05	5.39	0.84	0	0.49
1998	46465	70.18	19.73	0.7	6.42	1.58	0	1.39
2005	57716	70.2	19.71	0.7	6.42	1.58	0	1.39
2011	78602	76.84	13.21	0.84	6.77	1.07	0	1.27
2014	84251	77.55	11.52	1.27	5.69	1.96	0	2.01
2015	88585	75.73	15.04	2.11	4.07	1.4	0.14	1.51

Fuente: Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT.



**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL**

TRÁNSITO HISTÓRICO CLASIFICADO

ESTACIÓN Nº: 145
RUTA Nº: 39
SECC. CONTROL: 19095
DESC. TRAMO: HATILLOS 7/8-HATILLOS 6/3(AV.CENTRAL)
LOCALIZACIÓN: FRENTE AL CENTRO COMERCIAL DE HATILLO 2

AÑO	TPDA	VEHÍC. LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS				
		PASAJ	C. LIVIANA	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES+
1981	1058	43.86	31.8	3.29	16.45	3.51		1.09
1986	1288	35.45	37.81	4.51	15.06	6.35	0.1	0.72
1994	24090	70.82	20.86	1.19	5.85	0.85	0	0.43
1995	24253	68.33	23.41	1.13	4.29	0.86	0	1.98
1996	27999	69.27	22.12	1.02	6.34	0.72	0	0.53
1998	39270	64.61	23.75	0.97	7.7	1.61	0	1.36
1999	40820	69.61	18.64	0.75	7.6	1.76	0	1.64
2005	60591	71.2	17.49	0.51	7.19	1.82	0	1.79
2017	84430	73.35	16.05	0.47	6.72	1.39	0	2.01

Fuente: Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT.



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL

TRÁNSITO HISTÓRICO CLASIFICADO

ESTACIÓN N°: 213
RUTA N°: 39
SECC. CONTROL: 19094
DESC. TRAMO: HATILLOS 6/3(AV.CENTRAL)-HATILLO 4/5(R.176)(CALLE REPÚBLICA COSTA RICA)
LOCALIZACIÓN: FRENTE A LA PLAZA DE HATILLO N° 3

AÑO	TPDA	VEHÍC. LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS				
		PASAJ	C. LIVIANA	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES+
1979	2054	45.46	35.53	7.9	9.42	0.9	0.14	0.65
1980	3210	44.55	37.62	6.11	9.66	1.44	0.31	0.31
1981	3238	50.94	31.37	6.09	10.11	1	0.15	0.34
1982	3495	48.83	36.19	4.67	9.14	0.93	0.04	0.2
1983	3419	45.53	36.1	6.95	9.59	1.18	0.28	0.37
1984	3411	53.04	32.62	6.44	6.93	0.68		0.29
1985	3700	53.04	32.62	6.44	6.93	0.68		0.29
1986	4348	53.04	33.28	5.81	7.23	0.49	0.03	0.12
1994	24935	65.74	25.26	1.17	6.63	0.82	0	0.38
1995	27180	71.06	19.63	0.95	6.74	1.01	0	0.61
1998	43425	65.4	23.54	0.56	7.98	1.29	0	1.23
2017	79853	71.59	17.11	0.43	7.25	1.76	0	1.87

Fuente: Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT.



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL

TRÁNSITO HISTÓRICO CLASIFICADO

ESTACIÓN Nº: 126
RUTA Nº: 39
SECC. CONTROL: 19097
DESC. TRAMO: HATILLO 4/5(R.176)(CALLE REPÚBLICA COSTA RICA)-HATILLO(PASO SUPERIOR R.110)
LOCALIZACIÓN: 100 M ANTES DE LA ROTONDA DE ALAJUELITA (R.110)

AÑO	TPDA	VEHÍC. LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS				
		PASAJ	C. LIVIANA	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES+
1971	1104	36.44	32.92	4.76	22.55	2.47	0.48	0.38
1972	1258	34.38	32.4	3.08	26.45	2.94	0.14	0.61
1974	1208	44.04	31.46	3.39	16.72	2.57	0.33	1.49
1975	1268	44.04	31.46	3.39	16.72	2.57	0.33	1.49
1986	3802	63.05	29.96	1.16	5.44	0.36		0.03
1987	5585	62.28	31	2.39	4.18	0.11	0	0.04
1988	6635	63.09	31.2	0.85	4.58	0.15	0	0.13
1989	9825	65.69	29.22	1.66	3.19	0.15	0	0.09
1990	13345	70.26	24.91	1.39	3.09	0.23	0	0.12
1992	16355	65.31	28.67	0.77	4.95	0.18	0	0.12
1993	27000	72.29	21.4	1.45	4.16	0.41	0	0.29
1994	27790	69.72	22.6	0.99	5.72	0.7	0.01	0.26
1996	35662	72.21	20.91	1.2	4.77	0.57	0	0.34
1998	47565	73.6	16.97	1.16	5.76	1.37	0	1.14
1999	49655	73.22	17	1.08	6.2	1.31	0	1.19
2005	66589	73.13	16.43	0.79	6.23	1.95	0	1.47
2006	68896	73.09	16.41	0.79	6.22	2.03	0	1.46
2011	73992	75.58	14.01	0.77	6.71	1.33	0	1.6
2015	68778	73.37	16.34	1.02	6.53	0.91	0.34	1.49

Fuente: Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT.



**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL**

TRÁNSITO HISTÓRICO CLASIFICADO

ESTACIÓN Nº: 743
 RUTA Nº: 39
 SECC. CONTROL: 19098
 DESC. TRAMO: HATILLO(PASO SUPERIOR R.110)-SAN SEBASTIÁN(PASO INFERIOR R.214)
 LOCALIZACIÓN: CIUDELA 15 DE SETIEMBRE (CENTRO INFANTIL)

AÑO	TPDA	VEHÍC. LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS				
		PASAJ	C. LIVIANA	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES+
1988	9965	56.81	35.57	1.03	5.76	0.46	0	0.37
1989	14555	66.58	28.18	0.84	3.75	0.38	0.01	0.26
1990	19610	63.09	30.37	1.55	4.27	0.42	0	0.3
1992	21110	65.35	28.32	0.88	4.93	0.3	0	0.22
1993	35840	70.56	22.38	2.31	3.79	0.45	0.01	0.5
1994	38600	71.02	22.43	1.29	4.61	0.37	0	0.28
1996	44132	69.7	22.42	1.44	4.96	0.87	0.01	0.6
1998	48605	66.47	23.35	1.5	6.34	1.26	0	1.08
2006	60857	71.31	16.21	0.84	7.31	1.87	0	2.46
2011	82249	78.45	11.76	1.12	5.7	1.47	0	1.5
2015	77031	73.37	16.34	1.02	6.53	0.91	0.34	1.49

Fuente: Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT.



**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL**

TRÁNSITO HISTÓRICO CLASIFICADO

ESTACIÓN Nº: 209
 RUTA Nº: 39
 SECC. CONTROL: 19101
 DESC. TRAMO: LA Y GRIEGA(PASO SUPERIOR R.209)-ZAPOTE(R.215)
 LOCALIZACIÓN: 50 M ANTES DEL PASO PEATONAL

AÑO	TPDA	VEHÍC. LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS				
		PASAJ	C. LIVIANA	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES+
1974	8511	65	19.52	4.65	9.7	0.67	0.12	0.34
1975	8470	65.49	20.36	3.79	9.14	0.82	0.06	0.34
1976	9315	65.46	22.07	3.67	7.37	0.95	0.05	0.43
1977	10365	65.15	21.77	4.71	6.76	1.04	0.08	0.49
1978	10835	58.85	25.35	4.83	8.93	1.45	0.07	0.52
1991	22445	69.44	25.61	0.88	3.6	0.19	0	0.28
1992	32580	73.58	21.31	0.81	3.27	0.33	0.01	0.69
1994	32820	74.41	19.1	1.83	3.59	0.52	0.01	0.54
1995	35770	74.47	19.12	1.24	4.27	0.44	0	0.46
2005	54374	79.46	14.06	0.52	4.33	0.76	0	0.87
2015	59111	80.72	12.84	0.94	3.88	0.59	0.15	0.88

Fuente: Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT.



**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL**

TRÁNSITO HISTÓRICO CLASIFICADO

ESTACIÓN Nº: 133
RUTA Nº: 39
SECC. CONTROL: 19102
DESC. TRAMO: ZAPOTE(R.215)- LTE CANT.SAN JOSÉ/MONTES DE OCA(R.OCLORO)
LOCALIZACIÓN: 200 M ANTES DEL PASO A DESNIVEL DE LA R.204 A ZAPOTE

AÑO	TPDA	VEHÍC. LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS				
		PASAJ	C. LIVIANA	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES+
1977	9881	59.29	22	1.1	14	2	1	0.4
1978	10937	57.89	18	1.21	11.24	0.79	0.73	0.24
1988	10465	65.55	27.48	3.37	3.1	0.19	0.01	0.3
1989	10600	65.26	29.39	0.47	3.84	0.5	0	0.54
1990	21980	67.31	26.46	1.14	3.66	0.58	0.02	0.83
1991	28640	69.55	25.52	0.9	3.2	0.3	0	0.53
1993	36038	71.96	22.73	0.24	3.84	0.38	0.01	0.84
1994	37995	73.08	19.8	1.04	3.99	0.69	0	1.4
1995	41610	73.51	18.88	1.15	4.52	0.69	0.01	1.24
1997	46860	75.33	17.76	1.43	3.74	0.58	0	1.16
1998	51495	76.66	16.68	1.27	3.71	0.64	0	1.04
2006	73262	75.99	17.22	1.35	3.73	0.61	0	1.1
2007	65690	81.57	11.42	0.87	4.31	0.64	0	1.19
2012	64371	84.43	10.51	0.78	3.22	0.51	0	0.55
2015	56162	82.18	12.12	0.91	3.55	0.54	0.14	0.56

Fuente: Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT.



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
SECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL

TRÁNSITO HISTÓRICO CLASIFICADO

ESTACIÓN Nº: 137
RUTA Nº: 39
SECC. CONTROL: 19089
DESC. TRAMO: LTE CANT. SAN JOSE/MONTES DE OCA(R.OCLORO)-SAN PEDRO(PASO SUPERIOR R.2)
LOCALIZACIÓN: 200 M ANTES DEL CEMENTERIO DE SAN PEDRO

AÑO	TPDA	VEHÍC. LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS				
		PASAJ	C. LIVIANA	BUSES	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES+
1974	4730	60.57	20.65	2.22	12.04	2.9	0.32	1.3
1976	5008	61.79	22.26	0.7	9.98	3.18	0.08	2.01
1977	5357	53.07	28.74	0.78	11.4	3.67	0.26	2.08
1986	11206	70.97	22.86	0.69	5.1	0.26	0.02	0.1
1988	22510	65.13	28.32	1.83	4.02	0.46	0.01	0.23
1989	24625	64.74	29.01	1	4.32	0.5	0.01	0.42
1990	27085	68.23	25.22	1.39	3.72	0.61	0.02	0.81
1992	39715	70.48	24.26	1.19	3.24	0.34	0.01	0.48
1993	49500	72.78	20.41	1.63	3.74	0.55	0.01	0.88
1995	52425	72.29	21.08	0.91	4.06	0.64	0	1.02
1996	56710	72.58	19.91	1.53	3.93	0.85	0.01	1.19
1998	65960	73.74	19.56	1.58	3.57	0.58	0	0.97
2005	73262	80.88	13.65	0.8	3.31	0.56	0	0.8
2011	70516	83.2	11.04	1.06	3.54	0.63	0	0.53
2015	69193	81.71	12.17	1.82	3.3	0.5	0.05	0.45

Fuente: Secretaría de Planificación Sectorial, MOPT.