ISSN 0188-7297

Análisis estadístico para la generación de indicadores operativos de la información proveniente de estaciones dinámicas de medición de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares para 2016

Gerardo Rios Quezada
Emilio Abarca Pérez
Nadia Gómez González
Jesús Manuel Chavarría Vega
Wendy Alejandra Casanova Zavala
Alberto Mendoza Díaz

Publicación Técnica No. 555
Sanfandila, Qro, 2019

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Análisis estadístico para la generación de indicadores operativos de la información proveniente de estaciones dinámicas de medición de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares para 2016

Publicación Técnica No. 555
Sanfandila, Qro, 2019

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por el M. en I Gerardo Rios Quezada, el M. en I. Emilio Abarca Pérez, la M. en I. Nadia Gómez González, el Dr. Jesús Manuel Chavarría Vega, la M. en I. Wendy Alejandra Casanova Zavala y el Dr. Alberto Mendoza Díaz.

Este trabajo es el producto final del proyecto de investigación interna SI 13-17 Análisis estadístico para la generación de indicadores operativos de la información proveniente de estaciones dinámicas de medición de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares para 2016.

Contenido

Índice de Figuras v

Índice de Tablas ix

Sinopsis xi

Abstract xiii

Resumen Ejecutivo xv

Introducción 1

1 Antecedentes 9

1.1 Descripción del Sitio 9

1.1.1 Estaciones de Pesaje Dinámico 11

1.2 Descripción del Tipo de Vehículos 12

1.2.1 Regulaciones Vigentes 16

1.3 Descripción de la Base de Datos 21

2 Análisis del Peso Bruto Vehicular 23

2.1 Parámetros Estadísticos Registrados 24

2.1.1 Vehículos Clase 4 o Autobuses (B2 y B3) 27

2.1.2 Vehículos Clase 5 o C2 (Camiones Sencillos de 2 Ejes) 32

2.1.3 Vehículos Clase 6 o C3 (Camiones Sencillos de 3 Ejes) 36

2.1.4 Vehículos Clase 8 o T2S2 (Camiones Articulados de 4 Ejes) 40

2.1.5 Vehículos Clase 9 o T3S2 (Camiones Articulados de 5 Ejes) 44

2.1.6 Vehículos Clase 10 o T3S3 (Camiones Articulados de 6 Ejes) 48

2.1.7 Vehículos Clase 13 o T2S2R4 (Camiones Doblemente Articulados de 5 Ejes) 52

3 Análisis de Velocidades 57

3.1 Parámetros Estadísticos Registrados 58

3.1.1 Vehículos Clase 4 o Autobuses (B2 y B3) 61

3.1.2 Vehículos Clase 5 o Camiones Sencillos de 2 Ejes (C2) 65

3.1.3 Vehículos Clase 6 o Camiones Sencillos de 3 Ejes (C3) 69

3.1.4 Vehículos Clase 8 o Camiones Articulados de 4 Ejes (T2S2) 73

3.1.5 Vehículos Clase 9 o Camiones Articulados de 5 Ejes (T3S2) 77

3.1.6 Vehículos Clase 10 o Camiones Articulados de 6 Ejes (T3S3) 81

3.1.7 Vehículos Clase 13 o Camiones Doblemente Articulados de 9 Ejes (T3S2R4) 85

4 Análisis de Dimensiones 91

4.1 Parámetros Estadísticos Registrados 92

Conclusiones 97

Bibliografía 101

Índice de figuras

Figura I.1. Percentil 85 del PBV por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido xvi

Figura I.2. Percentil 85 de la velocidad, por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido xviii

Figura I.3. Percentil 85 del PBV por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido xx

Figura 1.1. Tramo Nuevo Necaxa-Tihuatlán de la Carretera México Tuxpan. 10

Figura 1.2. Sección Transversal del Sitio de Ubicación de las Estaciones de Pesaje Dinámico 11

Figura 1.3. Clasificación de Vehículos (FHWA) 13

Figura 1.4. Correspondencia entre Clasificaciones de Vehículos de la FHWA y la “NOM-012-SCT-2-2017 de la SCT 14

Figura 1.5. Clasificación Vehicular por Cuerpo y Tipo de Vehículo 22

Figura 2.1. Percentil 85 del PBV por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido 26

Figura 2.2. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Autobuses) 29

Figura 2.3. Percentil 85 del PBV para los Autobuses de 2 y 3 Ejes (B2 Y B3) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana 31

Figura 2.4. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Sencillos de Dos Ejes) 33

Figura 2.5. Percentil 85 del PBV para los Camiones Sencillos de 2 Ejes (C2) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana 35

Figura 2.6. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Sencillos de Tres Ejes) 37

Figura 2.7. Percentil 85 del PBV para los Camiones Sencillos de 3 Ejes (C3) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana 39

Figura 2.8. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Articulados de Cuatro Ejes) 41

Figura 2.9. Percentil 85 del PBV para los Camiones Articulados de 4 Ejes (T2S2) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana 43

Figura 2.10. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Articulados de Cinco Ejes) 45

Figura 2.11. Percentil 85 del PBV para los Camiones Articulados de 5 Ejes (T3S2) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana 47

Figura 2.12. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Articulados de Seis Ejes) 49

Figura 2.13. Percentil 85 del PBV para los Camiones Articulados de 6 Ejes (T3S3) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana 51

Figura 2.14. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Doblemente Articulados de Nueve Ejes) 53

Figura 2.15. Percentil 85 del PBV para los Camiones Articulados de 9 Ejes (T3S2R4) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana..... 55

Figura 3.1. Percentil 85 de la velocidad, por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido..... 60

Figura 3.2. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Autobuses) 63

Figura 3.3. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Autobuses) 64

Figura 3.4. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Camiones Sencillos de 2 Ejes)... 66

Figura 3.5. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Sencillos de 2 Ejes) 68

Figura 3.6. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Camiones Sencillos de 3 Ejes)... 70

Figura 3.7. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Sencillos de 3 Ejes) 72

Figura 3.8. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Camiones Articulados de 4 Ejes) 74

Figura 3.9. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Articulados de 4 Ejes) 76

Figura 3.10. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Camiones Articulados de 5 Ejes) 78

Figura 3.11. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Articulados de 5 Ejes) 80

Figura 3.12. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Camiones Articulados de 6 Ejes) 82

Figura 3.13. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Articulados de 6 Ejes) 84

Figura 3.14. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por hora del Día (Camiones Doblemente Articulados de 9 Ejes) 86

Figura 3.15. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Doblemente Articulados de 9 Ejes) 88

Figura 4.1. Percentil 85 de las Dimensiones por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Máximo Permitido 94

Índice de Tablas

Tabla I.1. Pesos Brutos Vehiculares Máximos Permitidos xv

Tabla I.2. Largo Total Máximo de Referencia (Metros), por Tipo de Vehículo xix

Tabla 1.1. Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado, Autobuses 17

Tabla 1.2. Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado, Camiones 17

Tabla 1.3 Velocidades Máximas Permitidas en Carreteras Federales 19

Tabla 1.4 Dimensiones Máximas Autorizadas, Autobuses..... 19

Tabla 1.5 Dimensiones Máximas Autorizadas, Camiones 20

Tabla 1.6 Indicadores Operativos para las Variables Analizadas..... 21

Tabla 1.7. Volúmenes de Tránsito con Clasificación Vehicular 22

Tabla 2.1. Peso Bruto Vehicular Máximo de Referencia (t)..... 23

Tabla 2.2. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, por Tipo de Vehículo (Cuerpo A)..... 25

Tabla 2.3. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, por Tipo de Vehículo (Cuerpo B)..... 25

Tabla 2.4. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Autobús de 2 y 3 Ejes (B2 y B3), por Día de la Semana (Cuerpo A) 30

Tabla 2.5. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Autobús de 2 y 3 Ejes (B2 Y B3), por Día de la Semana (Cuerpo B)..... 30

Tabla 2.6. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Sencillo de 2 Ejes (C2), por Día de la Semana (Cuerpo A)..... 34

Tabla 2.7 Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Sencillo de 2 Ejes (C2), por Día de la Semana (Cuerpo B)..... 34

Tabla 2.8. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Sencillo de 3 Ejes (C3), por Día de la Semana (Cuerpo A)..... 38

Tabla 2.9. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Sencillo de 3 Ejes (C3), por Día de la Semana (Cuerpo B)..... 38

Tabla 2.10. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 4 Ejes (T2S2), por Día de la Semana (Cuerpo A) 42

Tabla 2.11. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 4 Ejes (T2S2), por Día de la Semana (Cuerpo B) 42

Tabla 2.12. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 5 Ejes (T3S2), por Día de la Semana (Cuerpo A) 46

Tabla 2.13. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 5 Ejes (T3S2), por Día de la Semana (Cuerpo B) 46

Tabla 2.14. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 6 Ejes (T3S3), por Día de la Semana (Cuerpo A) 50

Tabla 2.15. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 6 Ejes (T3S3), por Día de la Semana (Cuerpo B) 50

Tabla 2.16. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Doblemente Articulado de 9 Ejes (T3S2R4), por Día de la Semana (Cuerpo A)... 54

Tabla 2.17. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Doblemente Articulado de 9 Ejes (T3S2R4), por Día de la Semana (Cuerpo B)... 54

Tabla 3.1. Parámetros Estadísticos de Velocidad, en km/h, por Tipo de Vehículo (Cuerpo A)..... 59

Tabla 3.2. Parámetros Estadísticos de Velocidad, en km/h, por Tipo de Vehículo (Cuerpo B)..... 59

Tabla 4.1. Largo Total Máximo de Referencia (Metros), por Tipo de Vehículo 91

Tabla 4.2. Parámetros Estadísticos de Dimensiones, en Metros, por Tipo de Vehículo (Cuerpo A)..... 92

Tabla 4.3. Parámetros Estadísticos de Dimensiones, en Metros, por Tipo de Vehículo (Cuerpo B)..... 93

Sinopsis

En este texto presentamos un análisis descriptivo (estadística descriptiva) del peso bruto vehicular (PBV), la velocidad de circulación y el largo total de los vehículos del autotransporte público federal (carga y pasaje) que circulan por la autopista México – Tuxpan, específicamente en el tramo de cuota Nuevo Necaxa – Tihuatlán.

El análisis es realizado a partir de la información registrada durante los meses de enero y febrero de 2016, en la estación dinámica de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares instalada en esa autopista; el análisis es por tipo de vehículo, o clase, y los valores obtenidos fueron comparados con los valores máximos que establecen las regulaciones vigentes; específicamente en la Norma de pesos y dimensiones (NOM-012-SCT-2-2017) y en el Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal, por tipo de vehículo, para mostrar el nivel de cumplimiento de dichos parámetros.

Abstract

This study presents a descriptive analysis (descriptive statistics) of the gross vehicle weight (GVW), the speed of circulation and the total length of the federal public motor transport vehicles (freight and passenger) that circulate on the Mexico - Tuxpan highway, specifically in the New Necaxa - Tihuatlán installment tranche.

The analysis is carried out from the information registered during the months of January and February 2016 in the dynamic station of weights, dimensions and vehicle speeds installed on that highway; the analysis is carried out by type of vehicle, or class, and the values obtained are compared with the maximum values established in the regulations in force; specifically in the norm of weights and dimensions (NOM-012-SCT-2-2017) and in the Regulation of Traffic in Roads and Bridges of Federal Jurisdiction, by type of vehicle, with and the level of compliance of said parameters is shown.

Resumen Ejecutivo

Regulaciones Vigentes

a) De Peso

Es la NOM-012-SCT-2-2017 la que establece las especificaciones de peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte federal, sus servicios auxiliares y transporte privado que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

Teniendo en cuenta que la autopista México Tuxpan es una carretera tipo A4, los pesos brutos vehiculares máximos permitidos por tipo de vehículo para este tipo de carreteras son:

Tabla I.1. Pesos Brutos Vehiculares Máximos Permitidos

TIPO DE VEHÍCULO		PBV MÁXIMO
FHWA	**SCT**	
Clase 4	B2 y B3	19.0 y 24.0
Clase 5	C2	19.0
Clase 6	C3	27.5
Clase 8	T2-S2	38.0
Clase 9	T3S2	46.5
Clase 10	T3S3	54.0
Clase 13	T3S2R4	66.5

Pesos Registrados

La siguiente figura muestra el percentil 85 del PBV, para ambos cuerpos de la autopista, por tipo de vehículo (lado izquierdo de las ordenadas) y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido por la NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas (lado derecho de las ordenadas); así mismo, presenta también los límites máximos permitidos por dicha norma para la configuración vehicular T3S2R4 (66.5 t) y camión sencillo, C2 (19 t).

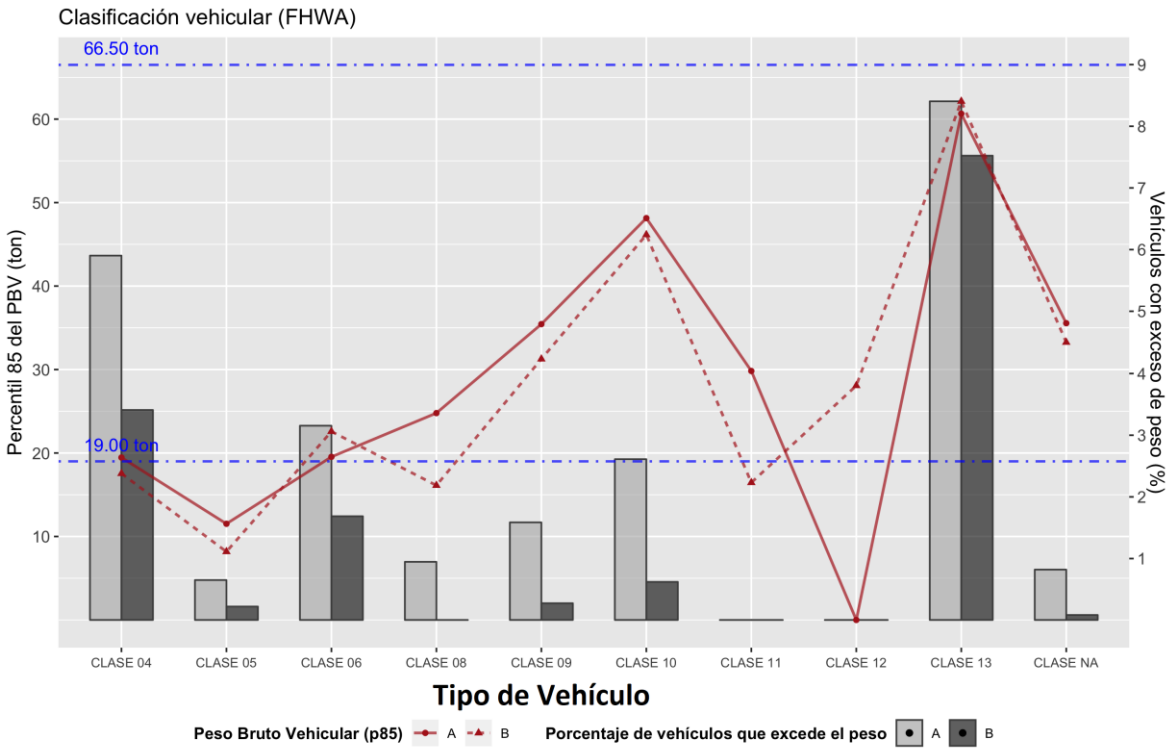

Figura I.1. Percentil 85 del PBV por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido

Como apreciamos en la figura anterior, la clase 4 (autobuses de 2 y 3 ejes -B2 y B3-) registró un percentil 85 del PBV de 19.46 *t para el cuerpo A y 17.54 t para el cuerpo B; mientras que el 5.9% y el 3.4% de los vehículos registrados excedieron el PBV máximo permitido (19.0 t), respectivamente; la clase 5, camiones sencillos de 2 ejes (C2), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 11.52 t y 8.18 t para el cuerpo B, mientras que tan solo el 0.64% y 0.21% de los vehículos contabilizados excedieron su PBV máximo permitido (19.0 t), respectivamente; la clase 6, camiones sencillos de 3 ejes (C3), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 19.54 t y 22.58 t para el cuerpo B, mientras que el 3.14% y el 1.68% de los vehículos registrados excedieron su PBV máximo permitido (27.5), respectivamente; la clase 8, camiones articulados de 4 ejes (T2S2), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 24.78 t y 16.11 para el cuerpo B, mientras que tan solo el 0.94% y 0% de los vehículos enumerados excedieron su PBV máximo permitido (38.0 t), respectivamente; la clase 9, camiones articulados de 5 ejes (T3S2), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 35.44 t y 31.26 t para el cuerpo B, mientras que el 1.58% y el 0.27% de los vehículos registrados excedieron su PBV máximo permitido (46.5 t) respectivamente; la clase 10, camiones articulados de 6 ejes (T3S3), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 67.85 t y 46.14 para el cuerpo B, mientras que el 2.60% y el

0.61% de los vehículos contabilizados excedieron su PBV máximo permitido (54.0) t, respectivamente; finalmente, la clase 13, camiones doblemente articulados de 9 ejes (T3S2R4), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 60.65 t y 62.13 t para el cuerpo B, mientras que el 8.4% y 7.2% de los vehículos registrados excedieron su PBV máximo permitido (66.5 t), respectivamente. Como podemos apreciar, destacan el bajo porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido; la clase 13 o configuración T3S2R4 fue la que en mayor porcentaje excedió el peso máximo permitido, en ambos sentidos (8.4 y 7.2% respectivamente), seguido de los autobuses (5.9 y 3.4%) y los camiones sencillos de 3 ejes (3.14 y 1.68% respectivamente).

Regulaciones Vigentes

b) De Velocidad

El límite de velocidad establecido en el tramo carretero donde se ubican las estaciones de pesaje dinámico es de 110 km/h; sin embargo, existen también las restricciones de velocidad para los distintos tipos de vehículos en carreteras federales, que señala el Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal. Cabe destacar que la norma de pesos y dimensiones vigente, en su numeral 6.1.2.2.2, también limita la velocidad máxima a las configuraciones doblemente articuladas -cuando circulan en caminos ET y A- a 80 km/h, o la que indique el señalamiento, única y exclusivamente cuando esa velocidad sea menor a 80 km/h.

Para el presente análisis, consideramos una velocidad máxima permitida para los automóviles de 110 km/h, 95 km/h para los autobuses y 80 km/h para los distintos camiones de carga.

Velocidades Registradas

La siguiente figura muestra el percentil 85 de las velocidades, para ambos cuerpos de la autopista, por tipo de vehículo (lado izquierdo de las ordenadas) y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido por el Reglamento de Tránsito (lado derecho de las ordenadas); así mismo, en la figura aparece también el límite máximo permitido por el señalamiento en el tramo (110 km/h) y el límite establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales (80 km/h).

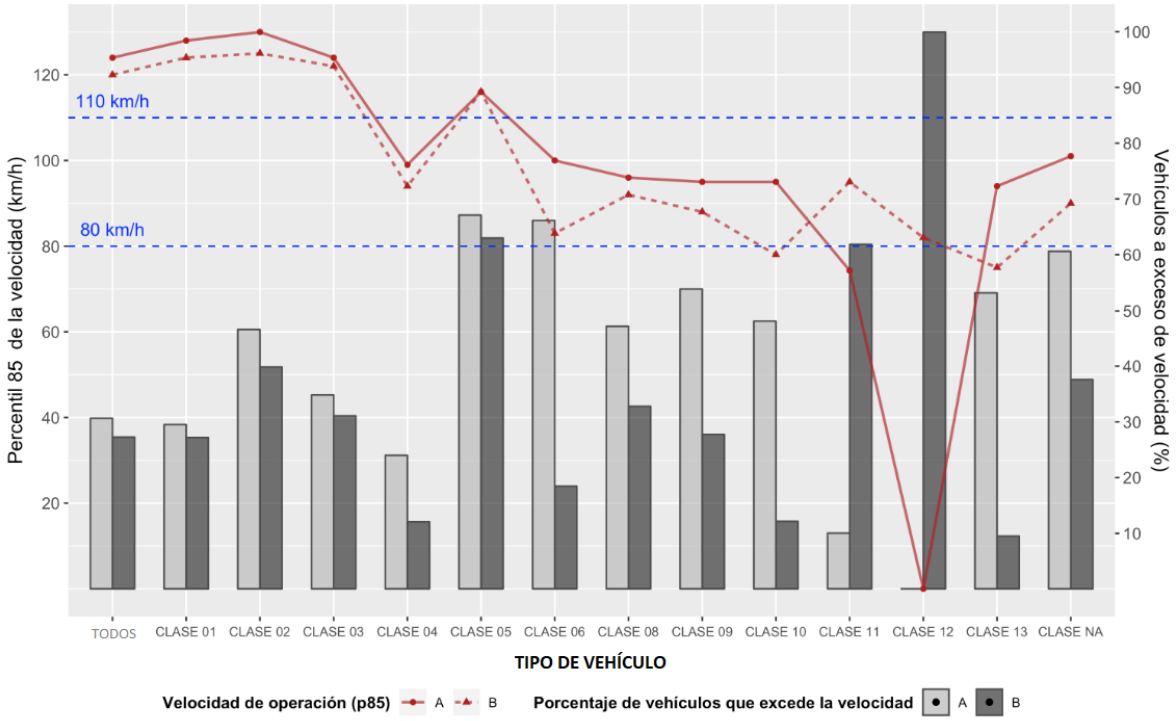

Figura I.2. Percentil 85 de la velocidad, por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido

En primer término, cabe destacar que en el sitio conviven vehículos que circulan muy lentamente con otros que transitan a velocidades demasiado elevadas. La velocidad mínima registrada para un vehículo de carga fue de 1 km/h y valores de este parámetro para la mayoría de las clases de vehículos por debajo de los 10 km/h; mientras que la velocidad máxima registrada fue 249 km/h para un autobús en el cuerpo A y un camión sencillo de 2 ejes en el cuerpo B. Destaca que, en general, las velocidades máximas registradas por tipo de vehículo fueron demasiado elevadas; lo que hace dudar de la adecuada calibración del sistema; incluso por las velocidades mínimas registradas las que también son demasiado bajas.

Por otra parte, en la figura anterior observamos también muy altos porcentajes de vehículos que exceden el límite máximo de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito; por ejemplo, en el cuerpo A, en ligero descenso, el percentil 85 de las velocidades por tipo de vehículo se encuentran casi siempre por arriba de los 80 km/h (límite máximo establecido en el Reglamento de Tránsito y la NOM-012-SCT-2-2017 para los camiones de carga que circulan en carreteras) y los porcentajes de vehículos que exceden dicho límite se encuentran, casi todos, por arriba del 50%; excepto los autobuses que registran un 24% de vehículos que exceden el límite máximo de 95 km/h establecido para ellos. Como podemos

observar en las tablas 3.1 y 3.2, parecería que los vehículos de carga y pasajeros se ajustan más al límite de velocidad establecido en el señalamiento para ese sitio 110 km/h, con porcentajes de vehículos excedidos muy cercanos a 0%, excepto para los camiones sencillos de 2 ejes; los cuales presentan, en ambos sentidos, porcentajes arriba del 20% de vehículos que exceden ese límite.

Regulaciones Vigentes

c) De Dimensiones

Teniendo en cuenta que la autopista México Tuxpan es una carretera tipo A4, las dimensiones máximas vehiculares permitidas por tipo de vehículo (largo total) son los señalados en la siguiente tabla.

Tabla I.2. Largo Total Máximo de Referencia (Metros), por Tipo de Vehículo

TIPO DE VEHÍCULO		LARGO MÁXIMO
FHWA	**SCT**	
Clase 4	B2 y B3	14.0
Clase 5	C2	14.0
Clase 6	C3	14.0
Clase 8	T2-S2	23.0
Clase 9	T3S2	23.0
Clase 10	T3S3	23.0
Clase 13	T3S2R4	31.0

Dimensiones Registradas

La siguiente figura muestra el percentil 85 del largo total, registrado para ambos cuerpos de la autopista, por tipo de vehículo (lado izquierdo de las ordenadas) y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido por la NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas (lado derecho de las ordenadas).

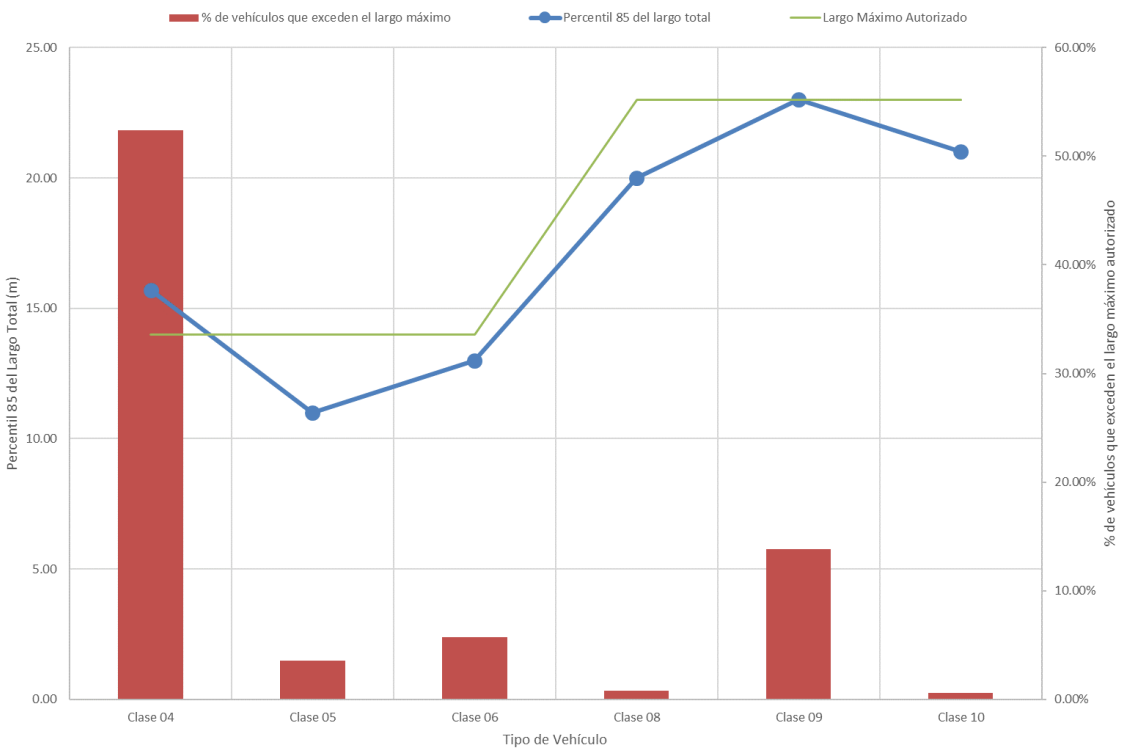

Figura I.3. Percentil 85 del PBV por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido

Como apreciamos en la figura anterior; la clase 4, autobuses de 2 y 3 ejes (B2 y B3), registró un percentil 85 del largo total de 15.7 metros tanto para el cuerpo A como para el cuerpo B, valor por arriba del máximo permitido; de tal manera que el 52.41% en el cuerpo A, y el 34.3% en el cuerpo B, de los vehículos registrados excedió el largo máximo permitido (14.0 metros); la clase 5, camiones sencillos de 2 ejes (C2), registró un percentil 85 del largo total para el cuerpo A de 11.0 metros y 10.0 metros para el cuerpo B, y solo el 3.53% y 2.66% de los vehículos enumerados excedieron el largo máximo permitido (14.0 metros), respectivamente; la clase 6, camiones sencillos de 3 ejes (C3), registró un percentil 85 del largo total de 13.0 metros para ambos cuerpos, y el 5.75% y 6.05% de los vehículos registrados excedieron su largo máximo permitido (14.0), respectivamente; la clase 8, camiones articulados de 4 ejes (T2S2), registró un percentil 85 del largo total para el cuerpo A de 20.0 metros y 19.0 metros para el cuerpo B, mientras que tan solo el 0.82% y 2.05% de los vehículos contabilizados excedieron el largo máximo permitido (23.0 metros), respectivamente; la clase 9, camiones articulados de 5 ejes (T3S2), registró un percentil 85 del largo total de

23.0 t en ambos cuerpos, y el 13.81% y 15.22% de los vehículos contabilizados excedieron su largo máximo permitido (23.0 metros) respectivamente; la clase 10, camiones articulados de 6 ejes (T3S3), registró un percentil 85 del largo total de 21.0 metros para ambos cuerpos, y tan solo el 0.62% y 0.46% de los vehículos registrados excedieron su largo máximo permitido (23.0 metros), respectivamente; finalmente, cabe destacar que para la clase 13, camiones doblemente articulados de 9 ejes (T3S2R4), **no fueron considerados los datos, dado que la estación dinámica, para este tipo de vehículos, registró siempre el mismo valor: 25 metros de largo total.** Como podemos apreciar, destacan el alto porcentaje de autobuses que exceden el largo máximo permitido; así mismo, la otra configuración vehicular que presenta un elevado porcentaje de vehículos que exceden el largo máximo permitido es la clase 9 o configuración T3S2, en ambos sentidos (13.81 y 11.22% respectivamente), seguido de los camiones sencillos de tres ejes (C3), con el 5.75 y 6.05% respectivamente.

Introducción

El desarrollo, análisis y estudio de indicadores estadísticos han resultado una herramienta importante para mejorar la calidad en la toma de decisiones; pues estos son instrumentos que permiten monitorear el estado o la evolución de los fenómenos que se estudia. Expresan el conocimiento científico de una forma que apoya a los tomadores de decisiones, a llevar a cabo acciones mejor informadas y más apropiadas (Hermans et al., 2008); adicionalmente, dichos indicadores pueden ser empleados para realizar comparaciones internacionales de competitividad, globalización, innovación, entre otros. De acuerdo con la literatura (Freudenberg, 2003; Litman, 2007), los indicadores pueden ser empleados para diversos objetivos, lo cuales son:

- Medición del desempeño relativo: Los indicadores son medidas que se derivan de hechos observados, lo cual permite revelar posiciones relativas de elementos en un área determinada.

- Atención a problemas particulares: Los indicadores son adecuados para informar a los responsables de la formulación de políticas y al público en general o activar y estimular la vigilancia pública.

- Identificar tendencias: Mediante la medición de indicadores en intervalos regulares es posible señalar las variaciones (por ejemplo, riesgos) en el tiempo y entre diferentes objetos de estudio.

- Estimación de problemas: Los indicadores pueden servir como señal de alerta para los formuladores de políticas, pues resultan ser pautas o evidencias importantes para los gobiernos y las autoridades.

- Evaluación del impacto de las políticas públicas: Los indicadores pueden emplearse para evaluar los efectos previstos en la elaboración de las políticas, y así permiten valorar las opciones.

- Establecimiento de objetivos y prioridades: Es posible plantear objetivos con fundamento en los valores obtenidos y los valores de otros objetos de estudio. La comparativa de los diversos indicadores permite revelar qué aspectos necesitan ser atendidos de inmediato.

- Evaluación de la mejora hacia los objetivos: Mediante indicadores que son medidos en periodos regulares; es posible monitorear el progreso hacia los objetivos establecidos, de manera periódica, y evaluar el logro estimado.

- Publicación integral: Si bien los indicadores pueden presentar una gran cantidad de información de manera clara, reducir la complejidad del sistema implica que la historia completa no puede ser conocida mediante algunos cuantos indicadores. Sin embargo, estos pueden ser utilizados como un primer paso o para la síntesis y la presentación de investigación más profunda y explicativa. De esta manera, los problemas se vuelven más concretos al permitir que sean sujetos a discusión.

Lo anteriormente expuesto expresa la importancia del desarrollo y análisis de indicadores estadísticos, así como su aplicación; pues permiten presentar información de manera concisa en relación con el fenómeno que deseamos estudiar. En este sentido, el desarrollo del presente estudio plantea coadyuvar en la incertidumbre que presenta la problemática en relación con pesos, dimensiones y velocidades con las cuales transitan los vehículos en la red carretera federal. El estudio pretende aportar la estimación de indicadores operativos para los diversos vehículos a su paso por dicha red. Para el desarrollo de los indicadores estadísticos, emplearemos datos obtenidos de estaciones dinámicas de medición de peso, dimensión y velocidad (datos obtenidos en tiempo real); pues el pesaje dinámico tiene la ventaja de poder medir el peso bruto vehicular y la velocidad a la cual transitan todos los vehículos en el segmento vial dónde se localiza la estación (Cuevas et al., 2014).

Derivado de lo anterior, este proyecto de investigación ofrecerá las pautas o evidencias para la medición de los efectos previstos en la elaboración de las políticas públicas, lo cual permitirá promover acciones con la finalidad de incrementar el nivel de seguridad vial y competitividad en la red carretera federal. Así mismo contribuirá al ofrecer indicadores que pueden ser empleados para

realizar comparaciones internacionales de competitividad, globalización, innovación, entre otros.

El análisis que pretendemos abordar en el presente proyecto forma parte del quehacer de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte, en su línea de investigación de operación del transporte, en el apartado de evaluación estadística. Esto contempla acopio, análisis estadístico de datos y desarrollo de metodologías para generar información en las áreas de normativa, factor humano, infraestructura y empresas del transporte. Así mismo, contribuye a la línea de investigación de sistemas inteligentes para el transporte en la identificación y evaluación de tecnologías que pudiesen mejorar las condiciones operativas del flujo vehicular.

Esta investigación permitirá contribuir al cumplimiento del Objetivo 6 “Desarrollar integralmente y a largo plazo al Sector con la creación y adaptación de tecnología y la generación de capacidades nacionales”, del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes [SCT, 2013]; el que se encuentra alineado a los Objetivos 3.5 “Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible” y 4.9 “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica”, del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 [Gobierno de la República, 2013].

Objetivo

A partir de un análisis exploratorio de la información obtenida mediante las estaciones dinámicas de pesos y dimensiones y velocidades vehiculares, serán estimados los indicadores estadísticos que permitan efectuar el análisis y la comparación de información proveniente de dichas estaciones para obtener valores operativos de los diversos vehículos, a su paso por la red carretera federal.

Alcances

El análisis estadístico será realizado mediante información proporcionada, para 2016, por la Dirección General de Desarrollo Carretero de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para algunas autopistas concesionadas donde hay

presencia de estaciones dinámicas de pesos y dimensiones y velocidades vehiculares. La información contenida permitirá estimar los indicadores, al menos, para la siguiente clasificación vehicular: Automóvil (Tipo A), Autobús (Tipo B) y vehículo de carga (Tipo C). A partir de las estimaciones, será posible realizar un análisis de correlación entre la velocidad y el peso bruto vehicular de los vehículos.

Metodología

La metodología empleada en el presente trabajo se fundamenta en la minería o exploración de datos, la cual es un campo de la estadística referido al proceso que trata de descubrir patrones en grandes volúmenes de conjunto de datos (Maimon y Rokach, 2010). El objetivo general del proceso de minería de datos consiste en extraer la información de un conjunto de datos y transformarla en una estructura comprensible para su uso posterior. El proceso típico de minería de datos consta de los siguientes pasos generales:

1. Selección del conjunto de datos
2. Análisis de las propiedades de los datos
3. Transformación del conjunto de datos de entrada
4. Seleccionar y aplicar la técnica de minería de datos
5. Extracción del conocimiento
6. Interpretación y evaluación de datos

Una vez obtenido el modelo, procedemos con su validación al comprobar que las conclusiones que arroja son válidas y suficientemente satisfactorias. Si ninguno de los modelos alcanza los resultados esperados, debe ser alterado alguno de los pasos anteriores para generar nuevos modelos. Si el modelo final no superara esta evaluación, el proceso podría ser repetido desde el principio o, si el experto lo considera oportuno, a partir de cualquiera de los pasos anteriores. Esta retroalimentación podrá ser repetida cuantas veces se considere necesario, hasta obtener un modelo válido. Es importante indicar que la minería de datos se apoya en la estadística y emplea las siguientes técnicas:

- **Análisis de varianza:** mediante el cual se evalúa la existencia de diferencias significativas entre las medidas de una o más variables continuas en poblaciones distintas.

- **Regresión:** define la relación entre una o más variables, y un conjunto de variables predictoras de las primeras.

- **Prueba chi-cuadrado:** técnica empleada para realizar el contraste de la hipótesis de dependencia entre variables.

- **Análisis de agrupamiento o clustering:** reconoce la clasificación de una población de individuos caracterizados por múltiples atributos (binarios, cualitativos o cuantitativos) en un número determinado de grupos, con base en las semejanzas o diferencias de los individuos.

- **Análisis discriminante:** a partir de la clasificación de individuos en grupos previamente establecidos, permite encontrar la regla de clasificación de los elementos de estos grupos; y por tanto una mejor identificación de cuáles son las variables que definan la pertenencia al grupo.

- **Series de tiempo:** permite el estudio de la evolución de una variable a través del tiempo, para poder realizar predicciones; a partir de ese conocimiento y bajo el supuesto de que no van a producirse cambios estructurales.

La herramienta computacional que pretendemos emplear para llevar acabo el análisis es el paquete R; este es un entorno de software libre que funciona mediante lenguaje de programación con un enfoque al análisis estadístico y gráficos. Es uno de los lenguajes más utilizados en la investigación de la comunidad estadística, resulta muy popular en el campo de la minería de datos (Ihaka y Gentleman, 1996; Spector, 2008, Hor, y Kleinman, 2015).

Productos

Una publicación técnica que contenga los resultados y conclusiones del análisis exploratorio de los datos obtenidos de las estaciones dinámicas de pesos y dimensiones y velocidades vehiculares que permita mostrar los indicadores estadísticos con propósitos de planeación para la seguridad vial, gestión de infraestructura y competitividad del transporte.

Beneficios

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes contará con un análisis estadístico sobre la variación de pesos, dimensiones y velocidades de operación de los diversos vehículos que transitan por la red carretera federal. Con esta información, la SCT podrá monitorear el progreso hacia los objetivos establecidos en normas o reglamentos, plantear o replantear objetivos con fundamento en los valores obtenidos y promover acciones con la finalidad de mejorar la operatividad del transporte, el nivel de seguridad vial y la competitividad en la red carretera federal.

1 Antecedentes

1.1 Descripción del Sitio

La autopista México – Tuxpan fue construida con el objetivo principal de contar con una conexión directa entre la capital del país con el Golfo de México; para detonar el desarrollo económico de diversas regiones del Estado de México, Puebla, Hidalgo, Tamaulipas y Veracruz, ofrecer una autopista de altas especificaciones, incrementar los índices de calidad del transporte de bienes y servicios en la región; con lo cual se logró una reducción significativa en los tiempos de recorrido entre la Ciudad de México y el Puerto de Tuxpan, de 6 horas a 2 horas 45 minutos. Es importante resaltar que Tuxpan es actualmente el puerto marítimo más cercano a la capital del país, aspecto que está generando un mayor flujo comercial de bienes y personas entre estos puntos.

Es una autopista tipo A4, de acuerdo con las especificaciones de Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); con una velocidad de proyecto de 110 km/h, pendiente gobernadora del 4% y pendiente máxima del 6%, con 21 m de corona y 14 m de calzada. En su mayor parte, el tramo carretero se recorre en un terreno montañoso; lo que da lugar a altos cortes y terraplenes, con varios túneles, así como puentes y viaductos para salvar claros en terreno muy abrupto, la alta humedad en la zona está relacionada con la alta precipitación y nubosidad provocadas por los vientos húmedos del Golfo de México.

Los datos utilizados para llevar a cabo el análisis que se desarrolla en el presente estudio provienen de la Carretera México – Tuxpan, específicamente del tramo de cuota Nuevo Necaxa – Tihuatlán; el cual tiene una longitud de 84,7 km, y atraviesa los estados de Puebla y Veracruz. A su vez se divide en dos tramos: 1) el Tramo Carretero 1 que va de Nuevo Necaxa a Ávila Camacho, con 36,6 kilómetros de longitud y cuatro carriles de circulación; y 2) el Tramo Carretero 2 que va de Ávila Camacho a Tihuatlán, con 48,1 kilómetros de longitud y dos carriles de circulación (véase Figura 1.1). Para el año 2017 la intensidad media diaria ha sido de 10,345 vehículos circulando por esta vía.

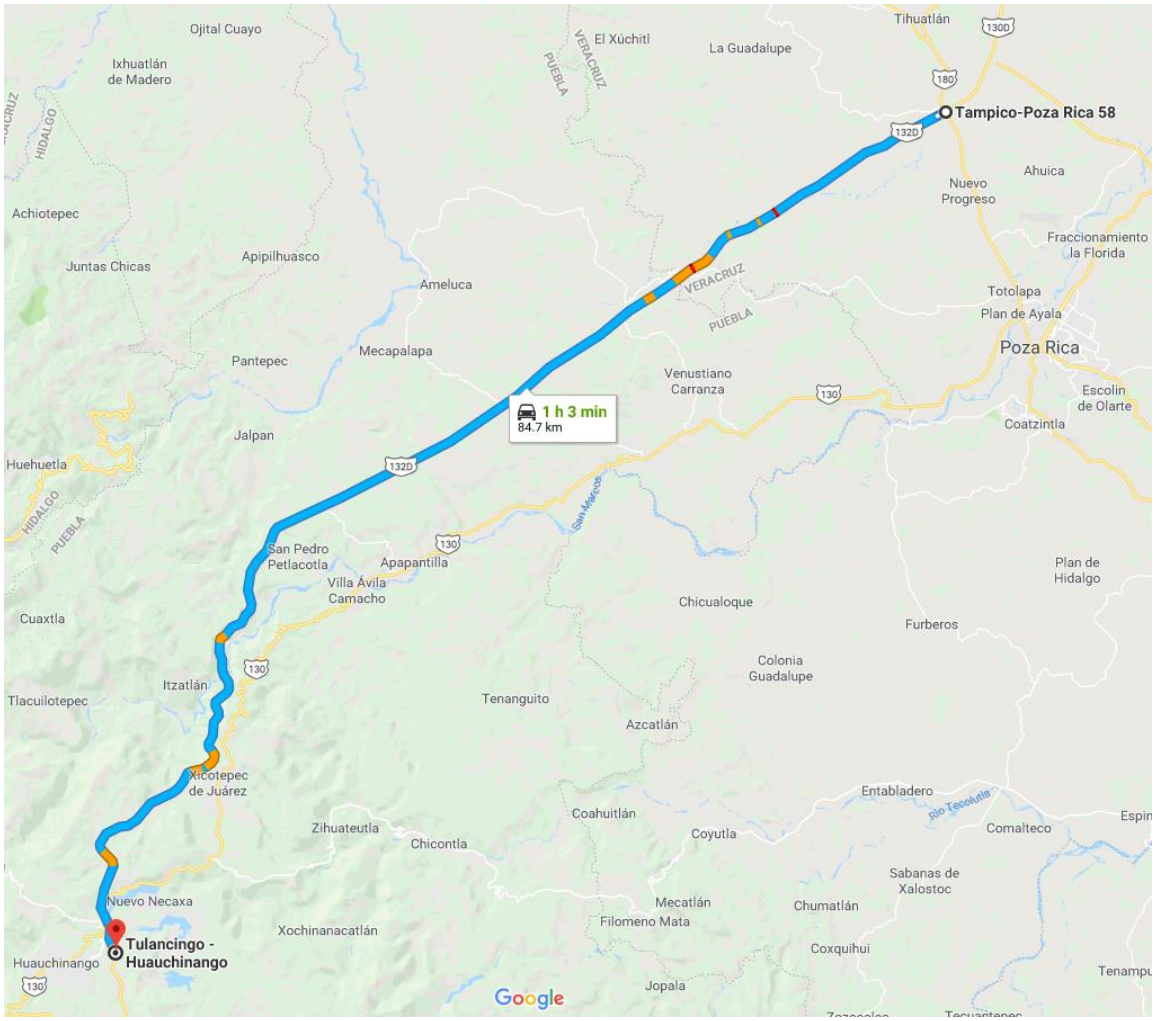

Figura 1.1. Tramo Nuevo Necaxa-Tihuatlán de la Carretera México Tuxpan.

En el presente estudio utilizamos los datos de las estaciones de pesaje dinámico ubicadas en el punto kilométrico 169+200, tanto para el cuerpo A (sentido hacia Tuxpan) como para el cuerpo B (sentido hacia la Ciudad de México); dentro de la comunidad de La Esperanza, municipio de Tlacuilotepec, en el Estado de Puebla. Cabe destacar que el cuerpo A (sentido de la Ciudad de México a Tuxpan) presenta una pendiente descendente importante, mientras que el cuerpo B (de Tuxpan hacia la Ciudad de México) presenta una pendiente ascendente prolongada.

1.1.1 Estaciones de Pesaje Dinámico

La Estación de Pesaje Dinámico 1 se ubica en el km 169+200, cuerpo A, sentido hacia Tuxpan que permite una velocidad máxima de 110 km/h, tiene una sección transversal de 10.1 metros con 2 carriles de circulación de 3.5 metros cada uno, un acotamiento izquierdo de 0.6 metros, el acotamiento derecho de 2.5 metros y una pendiente longitudinal de 1.30%. a Estación de Pesaje Dinámico 2, cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, también se ubica en el km 169+200; tiene una velocidad máxima permitida de 110 km/h y la misma sección transversal del cuerpo A, (10.1 metros con 2 carriles de circulación de 3.5 metros cada uno, un acotamiento izquierdo de 0.6 metros y el acotamiento derecho de 2.5 metros), y una pendiente longitudinal de 1.11%. Para separar los sentidos, existe una barrera tipo New Jersey de concreto de 80 cm de ancho (véase Figura 1.2).

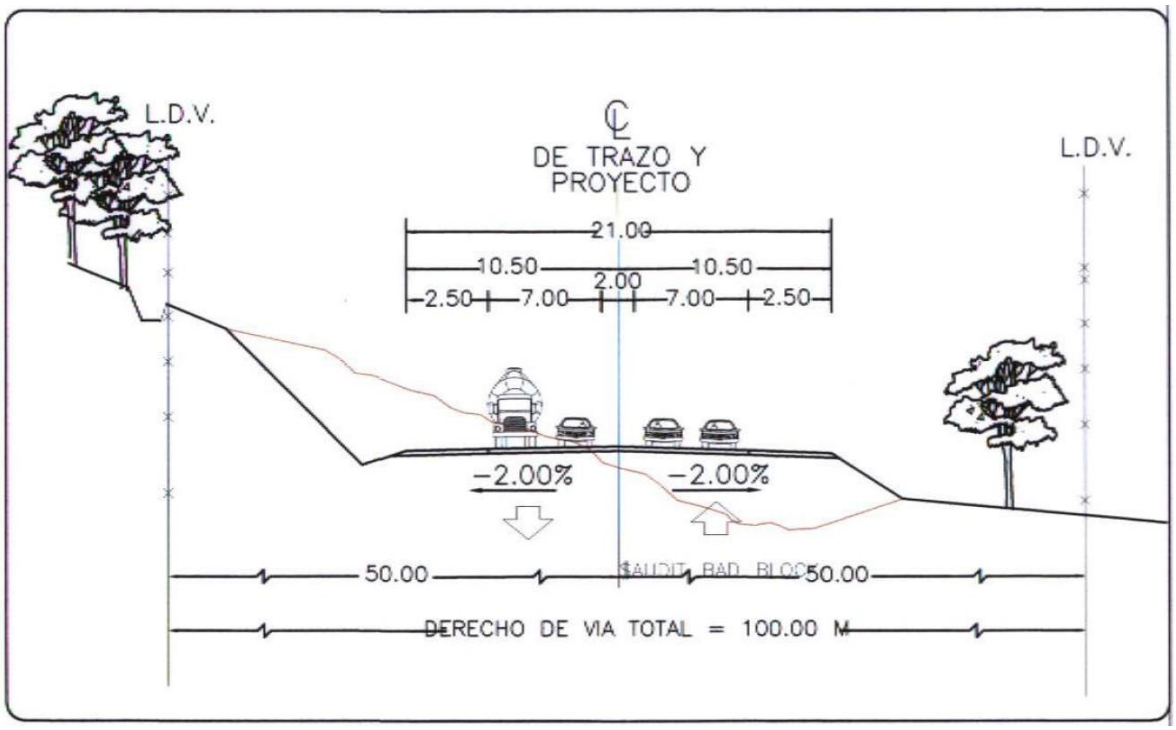

Figura 1.2. Sección Transversal del Sitio de Ubicación de las Estaciones de Pesaje Dinámico

1.2 Descripción del Tipo de Vehículos

Un sistema de clasificación separa los vehículos en categorías, dependiendo de si llevan pasajeros o carga. Los vehículos de carga se subdividen conforme al número de ejes y tipo de unidades (tractoras y remolques).

Los equipos de conteo automático que clasifican a los vehículos por ejes, incluidas las estaciones de pesaje dinámico instaladas en la Autopista México - Tuxpan de donde provienen los datos para el presente estudio, se basan en un algoritmo para interpretar la información de distancia entre ejes y así llevar a cabo una clasificación vehicular; para ello utilizan el sistema de clasificación de vehículos desarrollado por la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (Federal Highway Administration). Este sistema de clasificación contempla 13 clases de vehículos, cuya denominación no es de uso común en México; por lo tanto, es necesario establecer las correspondencias de las clases de la FHWA a la clasificación vehicular utilizada en nuestro país, en la NOM-012-SCT-2-2017, sobre el peso y dimensiones máximas con las que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal (NOM-012-SCT-2-2017). En la Figura 1.3 se presentan las diferentes clases en las que se clasifican los vehículos en Estados Unidos de acuerdo con la FHWA; mientras que en la Figura 1.4 se presentan las correspondencias entre las clases de la FHWA y la NOM-012-SCT-2-2017 de la SCT.

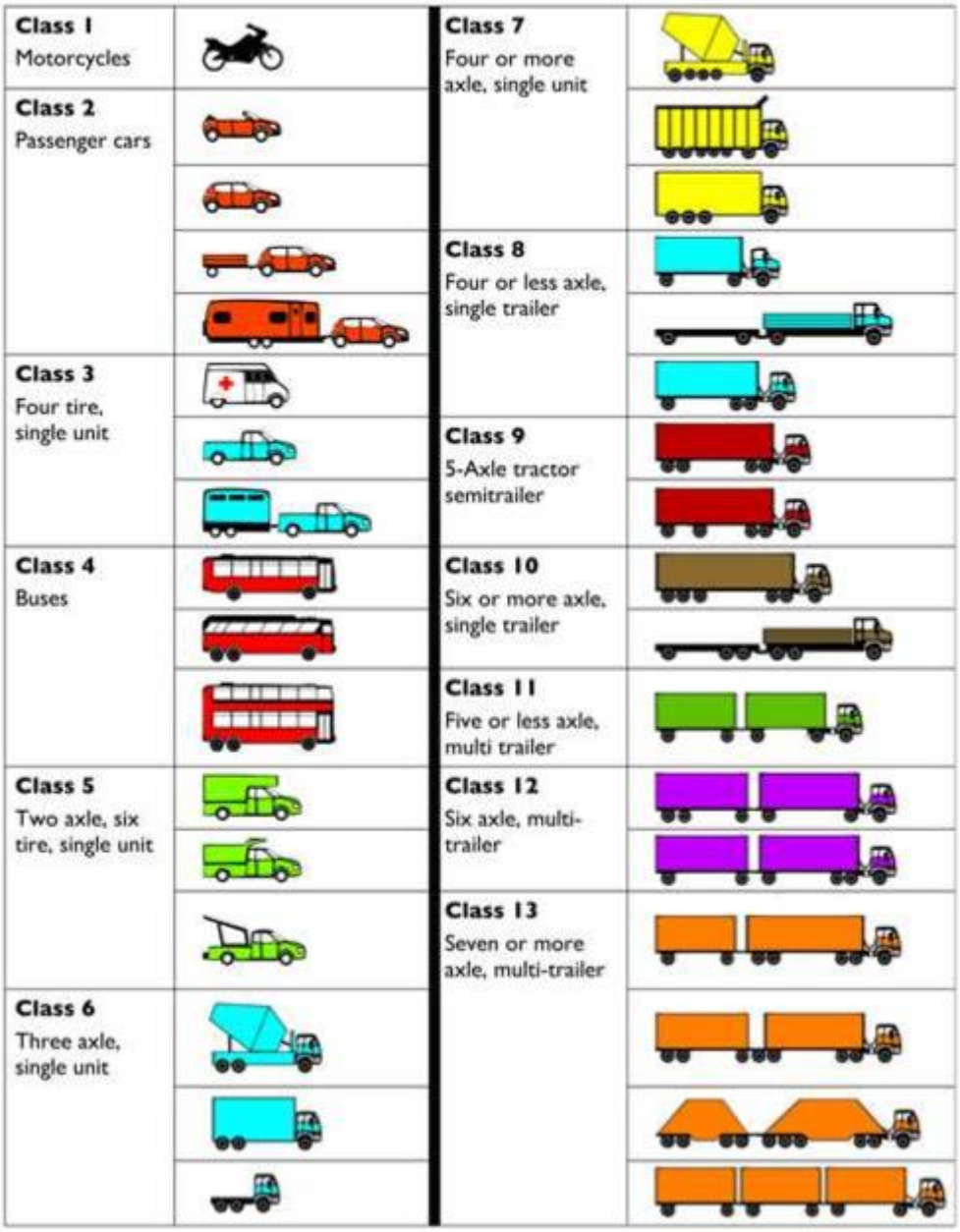

Figura 1.3. Clasificación de Vehículos (FHWA)

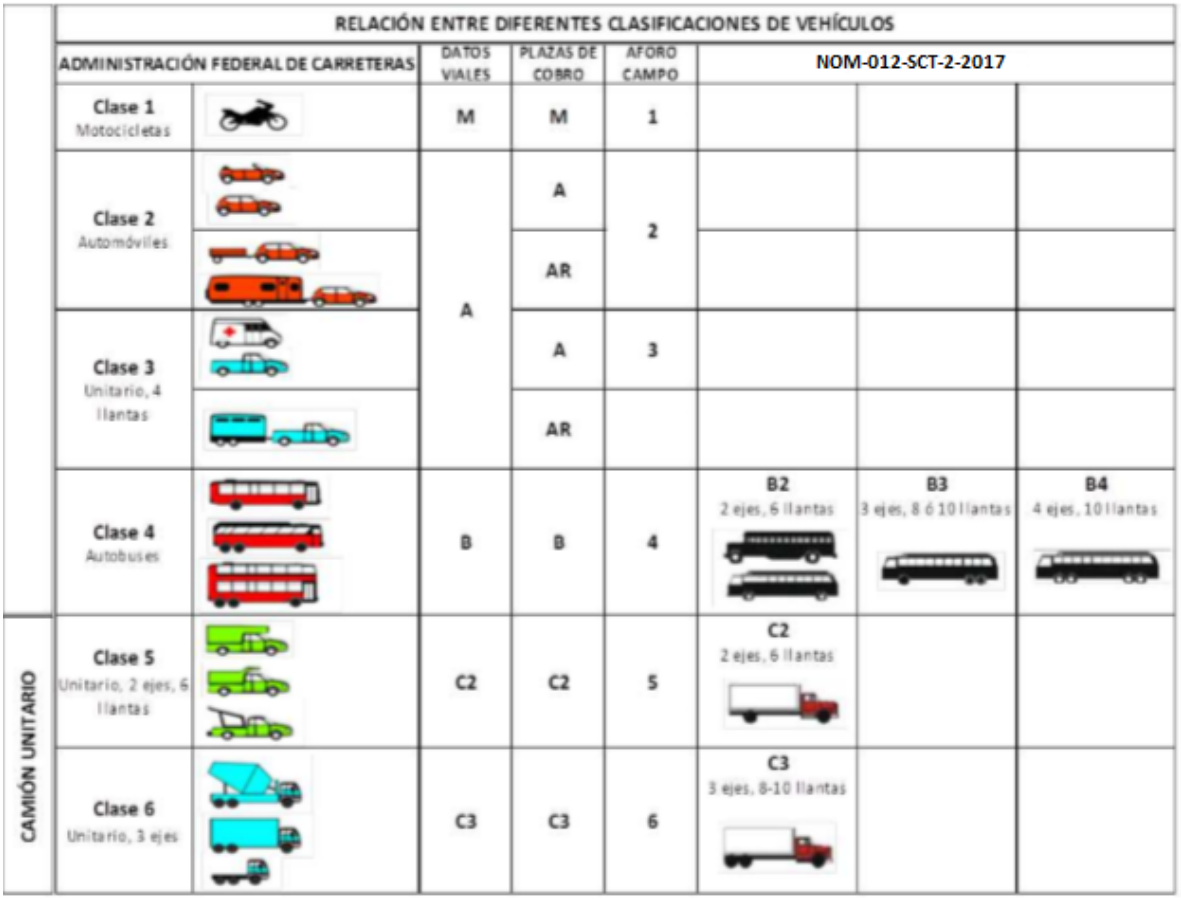

Figura 1.4. Correspondencia entre Clasificaciones de Vehículos de la FHWA y la "NOM-012-SCT-2-2017 de la SCT

	ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE CARRETERAS		DATOS VIALES	PLAZAS DE COBRO	AFORO CAMPO	NOM-012-SCT-2-2017		
CAMIÓN REMOLQUE	Clase 7 Unitario, 4 o más ejes		Otros	C4	7	C2-R2 4 ejes, 14 llantas		
				C5	11	C3-R2 5 ejes, 18 llantas	C2-R3 5 ejes, 18 llantas	
				C6	12	C3-R3 6 ejes, 22 llantas		
				C7	14			
TRACTOCAMIÓN ARTICULADO	Clase 8 4 o menos ejes, un remolque		Otros	C3	6	T2-S1 3 ejes, 10 llantas		
				C4	8	T2-S2 4 ejes, 14 llantas		
				C4		T3-S1 4 ejes, 14 llantas		
	Clase 9 5 ejes, un semi remolque		T3-S2	C5	9	T3-S2 5 ejes, 18 llantas		
				C5	11	T2-S3 5 ejes, 18 llantas		
	Clase 10 6 o más ejes, un remolque		T3-S3	C6	10	T3-S3 6 ejes, 22 llantas		

Figura 1.4. Correspondencia entre Clasificaciones de Vehículos de la FHWA y la NOM-012-SCT-2-2017 de la SCT (Continuación)

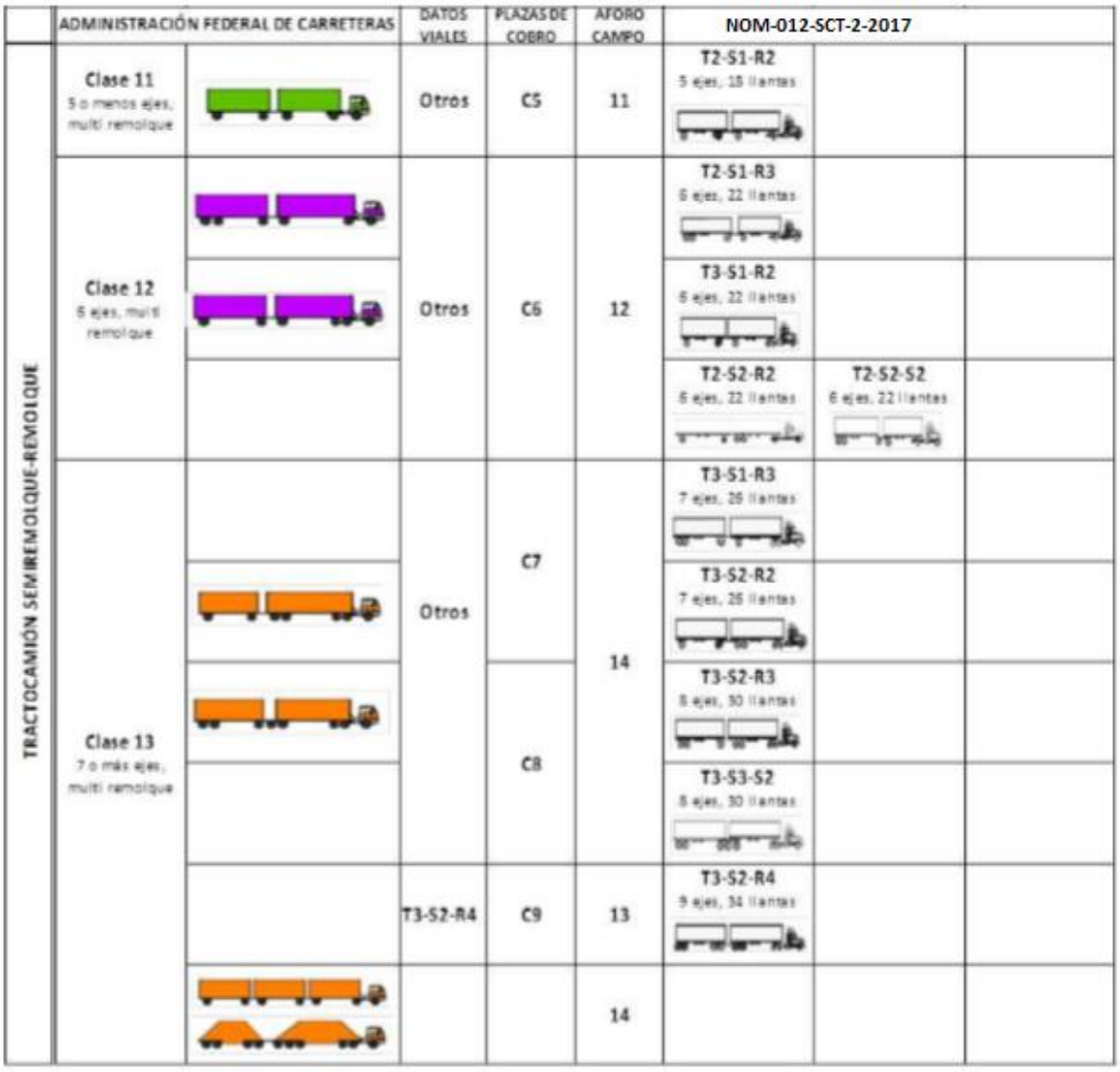

Figura 1.4. Correspondencia entre Clasificaciones de Vehículos de la FHWA y la NOM-012 de la SCT (Continuación)

1.2.1 Regulaciones Vigentes

a) De Peso

Es la NOM-012-SCT-2-2017 la que establece las especificaciones de peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte federal; sus servicios auxiliares y transporte privado que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

Así, las especificaciones de peso que contempla dicha norma para los distintos tipos de vehículos se presentan en las tablas siguientes, corresponde la Tabla 1.1 al *Peso Bruto Vehicular máximo autorizado para el transporte de pasajeros (Autobuses), mientras que la Tabla 1.2 presenta los *Pesos Brutos Vehiculares máximos autorizados para el transporte de carga (camiones sencillos, articulados y doblemente articulados).

Tabla 1.1. Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado, Autobuses

VEHÍCULO	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)			
			ET y A	B	C	D
B2	2	6	19.0	16.5	14.5	13.0
B3	3	8	24.0	19.0	17.0	16.0
B3	3	10	27.5	23.0	20.0	18.5
B4	4	10	30.5	25.0	22.5	21.0

Tabla 1.2. Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado, Camiones

VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)			
			ET y A	B	C	D
C2	2	6	19.00	16.50	14.50	13.00
C3	3	8	24.00	19.00	17.00	16.00
C3	3	10	27.50	23.00	20.00	18.50
C2-R2	4	14	37.50	35.50	NA	NA
C3-R2	5	18	44.50	42.00	NA	NA
C3-R3	6	22	51.50	47.50	NA	NA
C2-R3	5	18	44.50	41.00	NA	NA
T2-S1	3	10	30.00	26.00	22.50	NA
T2-S2	4	14	38.00	31.50	28.00	NA
T3-S2	5	18	46.50	38.00	33.50	NA
T3-S3	6	22	54.00	45.50	40.00	NA
T2-S3	5	18	45.50	39.00	34.50	NA
T3-S1	4	14	38.50	32.50	28.00	NA

NA - No Autorizado, valores en toneladas

Tabla 1.2. Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado, Camiones

(Continuación)

VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)			
			ET y A	B	C	D
T2-S1-R2	5	18	47.50	NA	NA	NA
T2-S1-R3	6	22	54.50	NA	NA	NA
T2-S2-R2	6	22	54.50	NA	NA	NA
T3-S1-R2	6	22	54.50	NA	NA	NA
T3-S1-R3	7	26	60.50	NA	NA	NA
T3-S2-R2	7	26	60.50	NA	NA	NA
T3-S2-R4	9	34	66.50	NA	NA	NA
T3-S2-R3	8	30	63.00	NA	NA	NA
T3-S3-S2	8	30	60.00	NA	NA	NA
T2-S2-S2	6	22	51.50	NA	NA	NA
T3-S2-S2	7	26	58.50	NA	NA	NA

NA - No Autorizado, valores en toneladas

Teniendo en cuenta que la autopista México Tuxpan es una carretera tipo A4, los pesos brutos vehiculares máximos permitidos por tipo de vehículo son los señalados en las tablas anteriores en la columna correspondiente al tipo de carretera ET y A.

b) De velocidad

El límite de velocidad establecido en el tramo carretero donde se ubican las estaciones de pesaje dinámico es de 110 km/h; sin embargo, existen también las restricciones de velocidad, para los distintos tipos de vehículos en carreteras federales, que señala el Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal, y que muestra la Tabla 1.3 (RTC y PJF, 2012). Finalmente, la norma de pesos y dimensiones vigente, en su numeral 6.1.2.2.2, también limita la velocidad máxima a las configuraciones doblemente articuladas -cuando circulan en caminos ET y A- a 80 km/h, o la que indique el señalamiento, única y exclusivamente cuando esa velocidad sea menor a 80 km/h.

Tabla 1.3 Velocidades Máximas Permitidas en Carreteras Federales

TIPO DE VEHÍCULO	VELOCIDAD MÁXIMA		TIPO DE VIALIDAD
	DÍA	NOCHE	
I. Automóvil	50	50	Carretera Urbana
	100	90	Carretera
II. Autobús	50	50	Carretera Urbana
	95	80	Carretera
III. Camión y Tractocamión	50	50	Carretera Urbana
	80	70	Carretera
IV. Cualquier otro vehículo distinto a los señalados en las fracciones I, II y III de esta Tabla.	50	50	Carretera Urbana
	100	90	Carretera

Para el presente análisis, consideramos una velocidad máxima permitida para los automóviles de 110 km/h, 95 km/h para los autobuses y 80 k/h para los distintos camiones de carga.

c) De Dimensiones

Las especificaciones de dimensiones que contempla la norma para los distintos tipos de vehículos aparecen en las tablas siguientes: la Tabla 1.4 corresponde a las dimensiones máximas autorizadas para el transporte de pasajeros (autobuses), mientras que la Tabla 1.5 presenta las dimensiones máximas autorizados para el transporte de carga (camiones sencillos, articulados y doblemente articulados), conforme con la NOM-012-SCT-2-2017.

Tabla 1.4 Dimensiones Máximas Autorizadas, Autobuses

VEHÍCULO	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)			
			ET y A	B	C	D
B2	2	6	14.0	14.0	14.0	12.5
B3	3	8	14.0	14.0	14.0	12.5
B3	3	10	14.0	14.0	14.0	12.5
B4	4	10	14.0	14.0	14.0	12.5

Tabla 1.5 Dimensiones Máximas Autorizadas, Camiones

VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)			
			ET y A	B	C	D
C2	2	6	14.0	14.0	14.0	12.5
C3	3	8	14.0	14.0	14.0	12.5
C3	3	10	14.0	14.0	14.0	12.5
C2-R2	4	14	31.0	28.5	NA	NA
C3-R2	5	18	31.0	28.5	NA	NA
C3-R3	6	22	31.0	28.5	NA	NA
C2-R3	5	18	31.0	28.5	NA	NA
T2-S1	3	10	23.0	20.8	18.5	NA
T2-S2	4	14	23.0	20.8	18.5	NA
T3-S2	5	18	23.0	20.8	18.5	NA
T3-S3	6	22	23.0	20.8	18.5	NA
T2-S3	5	18	23.0	20.8	18.5	NA
T3-S1	4	14	23.0	20.8	18.5	NA
T2-S1-R2	5	18	31.0	NA	NA	NA
T2-S1-R3	6	22	31.0	NA	NA	NA
T2-S2-R2	6	22	31.0	NA	NA	NA
T3-S1-R2	6	22	31.0	NA	NA	NA
T3-S1-R3	7	26	31.0	NA	NA	NA
T3-S2-R2	7	26	31.0	NA	NA	NA
T3-S2-R4	9	34	31.0	NA	NA	NA
T3-S2-R3	8	30	31.0	NA	NA	NA
T3-S3-S2	8	30	31.0	NA	NA	NA
T2-S2-S2	6	22	31.0	NA	NA	NA
T3-S2-S2	7	26	31.0	NA	NA	NA

NA - No Autorizado, valores en metros

Teniendo en cuenta que la autopista México - Tuxpan es una carretera tipo A4, los pesos brutos vehiculares máximos permitidos por tipo de vehículo son los señalados en las tablas anteriores en la columna correspondiente al tipo de carretera ET y A.

1.3 Descripción de la Base de Datos

La base de datos está conformada por la información registrada durante 2016, en las Estaciones de Pesaje Dinámico señaladas en el punto 1.1.1 del presente estudio, utilizando exclusivamente tres variables: el peso bruto vehicular (PBV), la velocidad de los vehículos que circulan por ese sitio y el largo total de los vehículos; y se lleva a cabo un análisis de estas dos variables por sentido de circulación, mes y día de la semana para cada tipo de vehículo, conforme con la clasificación de la Figura 1.4. “Correspondencia entre Clasificaciones de Vehículos de la FHWA y la NOM-012 de la SCT”; así mismo, para cada variable se generan un análisis descriptivo con los indicadores operativos que se muestran:

Tabla 1.6 Indicadores Operativos para las Variables Analizadas

Variable	Descripción
TAMAÑO	Tamaño de la muestra
MEDIA	Media
DE	Desviación estándar
MODA	Moda
MEDIANA	Mediana
P_{MIN}	Valor mínimo
P_{MAX}	Valor máximo
P15	Percentil 15
P85	Percentil 85
% EX	Porcentaje de vehículos que exceden el valor máximo permitido

Cabe destacar que la base de datos permite también obtener el volumen de Tránsito Anual que circula en el sitio (TA), el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) y la clasificación vehicular. La Tabla 1.7 muestra dichos valores para cada uno de los cuerpos o sentidos de circulación; como podemos apreciar en la tabla, la base de datos utilizada para el presente estudio la conforman 2,384,718

registros o vehículos que circularon durante el 2016 por el sitio donde se ubican las Estaciones de Pesaje Dinámico; para los cuales registramos el peso bruto vehicular (PBV), los pesos por eje, sus dimensiones y la velocidad de circulación con hora y fecha de registro de cada vehículo.

Tabla 1.7. Volúmenes de Tránsito con Clasificación Vehicular

CUERPO	VOLUMEN		CLASIFICACIÓN VEHICULAR EN % (FHWA-SCT)										
			CLASE										
	TA	TDPA	1 M	2 A	3 A*	4 B	5 C2	6 C3	8 T2S2	9 T3S2	10 T3S3	13 T3S2R4	NA
A	1,195,348	3,266	0.67	46.11	23.84	7.45	5.81	4.45	0.80	6.41	1.63	2.37	0.45
B	1,189,370	3,250	0.77	45.67	24.03	8.25	5.70	3.43	0.68	4.58	2.60	1.99	2.28

Nota: A* Pick ups y Vans

En la Figura 1.5 se muestra gráficamente la clasificación vehicular en % para cada cuerpo y tipo de vehículo.

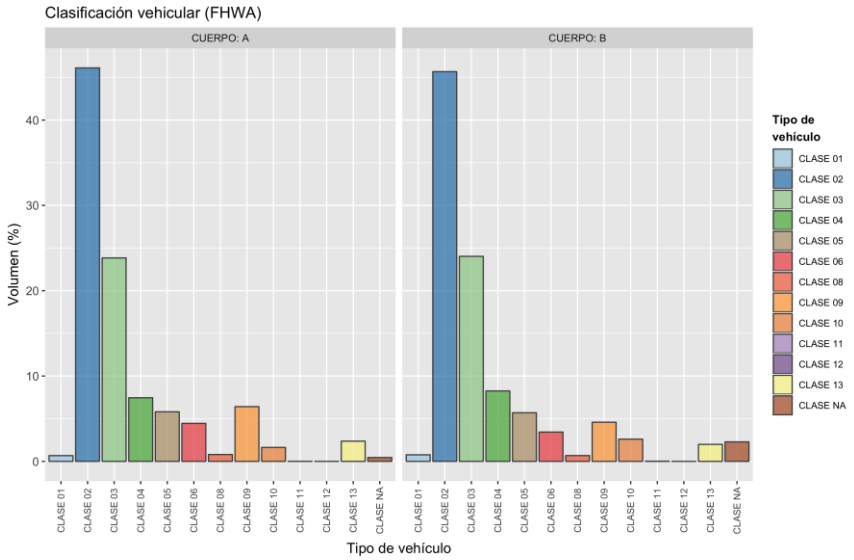

Figura 1.5. Clasificación Vehicular por Cuerpo y Tipo de Vehículo

2 Análisis del Peso Bruto Vehicular

La versión vigente de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2017, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, es la publicada en diciembre de 2017 en el Diario Oficial de la Federación.

Como ya señalamos, los análisis del presente estudio versarán sobre los vehículos clase 4 (autobús de 2 y 3 ejes, B2 y B3), clase 5 (camión sencillo de 2 ejes, C2), clase 6 (camión sencillo de 3 ejes, C3), clase 8 (camión articulado de 4 ejes, C2R2 y T2S2), clase 9 (camión articulado de 5 ejes, T3S2), clase 10 (camión articulado de 6 ejes, T3S3) y clase 13 (camión doblemente articulado de 9 ejes T3S2R4); ahora bien, considerando que la la Autopista México – Tuxpan es una carretera tipo ET, y teniendo en cuenta la norma vigente de pesos y dimensiones, la Tabla 2.1 resume los PBV máximos permitidos que son utilizados como referencia.

Tabla 2.1. Peso Bruto Vehicular Máximo de Referencia (t)

TIPO DE VEHÍCULO		PBV MÁXIMO
FHWA	**SCT**	
Clase 4	B2 y B3	19.0 y 24.0
Clase 5	C2	19.0
Clase 6	C3	27.5
Clase 8	T2-S2	38.0
Clase 9	T3S2	46.5
Clase 10	T3S3	54.0
Clase 13	T3S2R4	66.5

Cabe destacar que los análisis realizados no consideran el concepto que contempla la norma vigente, en su numeral 6.1.2.2, la cual permite a las configuraciones doblemente articuladas (T-S-R) -en este caso el T3S2R4 del presente estudio- incrementar su PVB máximo autorizado en 1.5 t por eje motriz y 1.0 t por eje de carga; por lo cual, el valor de referencia para esta configuración es el que se señala en la tabla anterior (66.5 t).

Los parámetros por considerar en el presente análisis son descritos a continuación:

Peso bruto vehicular ponderado o media aritmética: es la suma de todos los pesos brutos vehiculares dividida en el número de observaciones, y representa el peso bruto vehicular medio temporal.

Desviación estándar: Debido a que no todos los vehículos cargan el mismo peso bruto vehicular, existe una dispersión de sus pesos brutos vehiculares alrededor de la media; la desviación estándar es una medida estadística de esta dispersión.

Moda: Es el valor que más se repite; o sea, el peso bruto vehicular que presentaron la mayoría de vehículos.

Mediana: Es el valor del peso bruto vehicular correspondiente al 50% de frecuencia acumulada; es decir, la del peso bruto vehicular máximo que adopta el 50% de los vehículos; su valor es obtenido del histograma de frecuencias.

Peso Bruto Vehicular mínimo ($P_{mín}$): Se refiere al peso bruto vehicular mínimo registrado por alguno de los vehículos que circulaban por el sitio donde realizamos el levantamiento de datos.

Peso Bruto Vehicular máximo ($P_{máx}$): Se refiere al peso bruto vehicular máximo registrado por alguno de los vehículos que circulaban por el sitio donde fueron levantados los datos.

Percentil 15 (P-15): Se refiere al peso bruto vehicular con el que viaja el 15% de los vehículos.

Percentil 85 (P-85): Se refiere al peso bruto vehicular al que viaja el 85% de los vehículos.

2.1 Parámetros Estadísticos Registrados

El análisis se lleva a cabo por cuerpo y tipo de vehículo, para los datos de pesos brutos vehiculares registrados por la estación durante los meses de enero y febrero de 2016. En la Tabla 2.2 presentamos los parámetros estadísticos de los

pesos hallados en el cuerpo A, durante ese lapso; mientras que en la Tabla 2.3 aparecen los parámetros estadísticos registrados para el cuerpo B.

Tabla 2.2. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, por Tipo de Vehículo (Cuerpo A)

PARÁMETRO	TIPO DE VEHÍCULO						
	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 13
	B2 Y B3	C2	C3	T2-S2	T3S2	T3S3	T3S2R4
TAMAÑO*	16,587	11,910	12,203	1,593	10,121	2,918	3,035
PBV PERMITIDO	**19 y 24**	**19**	**27.5**	**38**	**46.5**	**54**	**66.5**
MEDIA	15.6	7.3	16.4	17.9	27.8	35.2	42.0
DE	5.2	3.9	4.7	7.7	8.0	12.6	15.0
MODA	16.1	3.4	16.3	6.4	27.3	30.3	43.9
MEDIANA	15.6	6.6	16.3	19.2	27.2	32.2	41.3
P_{MIN}	**0.5**	**0.3**	**1.0**	**1.1**	**4.8**	**4.1**	**7.3**
P_{MAX}	67.8	30.	52.8	47.4	98.5	131.6	115.0
P15	10.3	3.3	13.2	8.6	21.9	25.9	25.6
P85	**19.4**	**11.5**	**19.5**	**24.7**	**35.4**	**48.1**	**60.6**
% EX	**5.9**	**0.6**	**3.1**	**0.9**	**1.5**	**2.6**	**8.4**

*Número de vehículos registrados

Tabla 2.3. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, por Tipo de Vehículo (Cuerpo B)

PARÁMETRO	TIPO DE VEHÍCULO						
	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 13
	B	C2	C3	T2-S2	T3S2	T3S3	T3S2R4
TAMAÑO*	15,082	11,049	8,333	1,025	4,796	3,243	1,436
PBV PERMITIDO	**19.0**	**19.0**	**27.5**	**38.0**	**46.5**	**54.0**	**66.5**
MEDIA	12.2	4.9	15.3	10.0	21.8	34.4	41.3
DE	5.3	3.1	5.9	5.3	8.7	10.6	16.9
MODA	7.6	2.2	13.5	9.2	27.2	31.4	43.7
MEDIANA	11.3	3.9	14.5	8.9	22.1	33.5	40.8
P_{MIN}	**0.8**	**0.1**	**0.9**	**0.8**	**2.3**	**5.7**	**6.9**
P_{MAX}	50.0	22.8	43.9	29.1	66.2	83.3	83.5
P15	7.2	2.3	9.1	4.5	11.0	25.4	20.9
P85	**17.5**	**8.1**	**22.5**	**16.1**	**31.2**	**46.1**	**62.1**
% EX	**3.4**	**0.2**	**1.6**	**0.0**	**0.2**	**0.6**	**7.5**

*Número de vehículos registrados

Por otra parte, la Figura 2.1 hace un resumen de los valores mostrados en las tablas anteriores; en esta figura se muestra el percentil 85 del PBV, para ambos cuerpos de la autopista, por tipo de vehículo (lado izquierdo de las ordenadas) y el

porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido por la NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas (lado derecho de las ordenadas); así mismo, la figura muestra también los límites máximos permitidos por dicha norma para la configuración vehicular T3S2R4 (66.5 t) y camión sencillo, C2 (19 t).

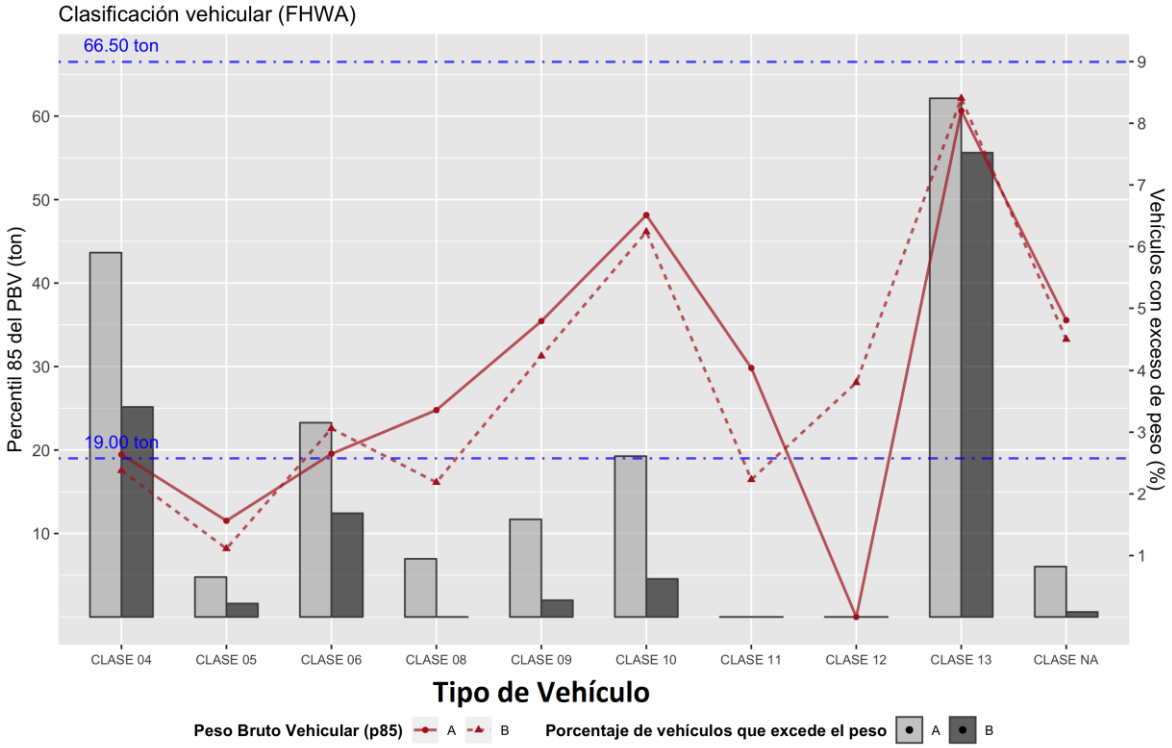

Figura 2.1. Percentil 85 del PBV por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido

Como vemos en las tablas y la figura anterior, la clase 4 -autobuses de 2 y 3 ejes (B2 y B3)- registró un percentil 85 del PBV de 19.46 t para el cuerpo A y 17.54 t para el cuerpo B, mientras que el 5.9% y el 3.4% de los vehículos registrados excedieron el PBV máximo permitido (19.0 t), respectivamente; la clase 5, camiones sencillos de 2 ejes (C2), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 11.52 t y 8.18 t para el cuerpo B, mientras que tan solo el 0.64% y 0.21% de los vehículos contabilizados excedieron su PBV máximo permitido (19.0 t), respectivamente; la clase 6, camiones sencillos de 3 ejes (C3), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 19.54 t y 22.58 t para el cuerpo B, mientras que el 3.14% y el 1.68% de los vehículos registrados excedieron su PBV máximo permitido (27.5), respectivamente; la clase 8, camiones articulados de 4

ejes (T2S2), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 24.78 t y 16.11 t para el cuerpo B, mientras que tan solo el 0.94% y 0% de los vehículos contabilizados excedieron su PBV máximo permitido (38.0 t), respectivamente; la clase 9, camiones articulados de 5 ejes (T3S2), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 35.44 t y 31.26 t para el cuerpo B, mientras que el 1.58% y el 0.27% de los vehículos registrados excedieron su PBV máximo permitido (46.5 t) respectivamente; la clase 10, camiones articulados de 6 ejes (T3S3), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 67.85 t y 46.14 para el cuerpo B, mientras que el 2.60% y el 0.61% de los vehículos enumerados excedieron su PBV máximo permitido (54.0) t, respectivamente; finalmente, la clase 13, camiones doblemente articulados de 9 ejes (T3S2R4), registró un percentil 85 del PBV para el cuerpo A de 60.65 t y 62.13 t para el cuerpo B, mientras que el 8.4% y 7.2% de los vehículos registrados excedieron su PBV máximo permitido (66.5 t), respectivamente. Como podemos apreciar, destaca el bajo porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido, la clase 13 o configuración T3S2R4 es la que en mayor porcentaje excede el peso máximo permitido, en ambos sentidos (8.4 y 7.2% respectivamente), seguido de los autobuses (5.9 y 3.4%) y los camiones sencillos de 3 ejes (3.14 y 1.68% respectivamente).

Mención aparte merecen los valores de peso máximos y mínimos registrados por tipo de vehículo. Como podemos observar, los valores mínimos anotados no se ajustan a la realidad de los pesos de los vehículos (tara o peso en vacío); así mismo, podríamos considerar que algunos de los máximos registrados estarían fuera de una proporción lógica, como por ejemplo, el valor máximo encontrado para los autobuses (67.81 t) y el máximo registrado para la configuración T3S2 (98.57 t); lo anterior genera dudas sobre la adecuada calibración de sistema, ya sea para asignar el tipo de vehículo o bien para registrar su peso.

A continuación, presentamos un análisis de los pesos registrados por tipo de vehículo y hora del día, y tipo de vehículo y día de la semana.

2.1.1 Vehículos Clase 4 o Autobuses (B2 y B3)

Como ya mencionamos, la NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas vigente limita el PBV a los autobuses de tres ejes (B3) a 24 t. Para este tipo de vehículos, en la Tabla 2.2 observamos que el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, registró el PBV de 16,587 autobuses en el lapso de dos meses

(enero y febrero), los cuales registraron un PBV promedio de 15.6 t; también anotamos un PBV mínimo de 0.54 t y máximo de 67.8. La mediana de los PBV registrados resultó en 15.7 t, el percentil 15 fue de 10.3 t, el percentil 85 fue de 19.46 t, valor por abajo del límite máximo permitido a este tipo de vehículos de pasajeros y solo el 5.9% de los autobuses enumerados excedieron el límite máximo permitido según la norma (24 t).

En la Tabla 2.3 vemos que el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, registró el PBV de 15,082 autobuses, los cuales viajaban con un PBV promedio de 12.2 t, valor que resultó 3.4 t menor que el promedio registrado en el cuerpo A. En el cuerpo B, el PBV mínimo contabilizado para un autobús fue de 0.83 t y el máximo de 50 t, la mediana de los PBV registrados resultó en 11.36 t, el percentil 15 fue 7.2 t, el percentil 85 fue 11.3 t y prácticamente la totalidad de los autobuses en el cuerpo B se ajustaron al límite máximo permitido según la norma (solo el 0.2% excedieron las 24 t).

2.1.1.1 Pesos Registrados por Hora del Día

La Figura 2.2 presenta el percentil 85 de los PBV registrados por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido para los autobuses en la NOM-012-SCT-2-2017; tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el valor de dicho límite máximo (línea azul discontinua).

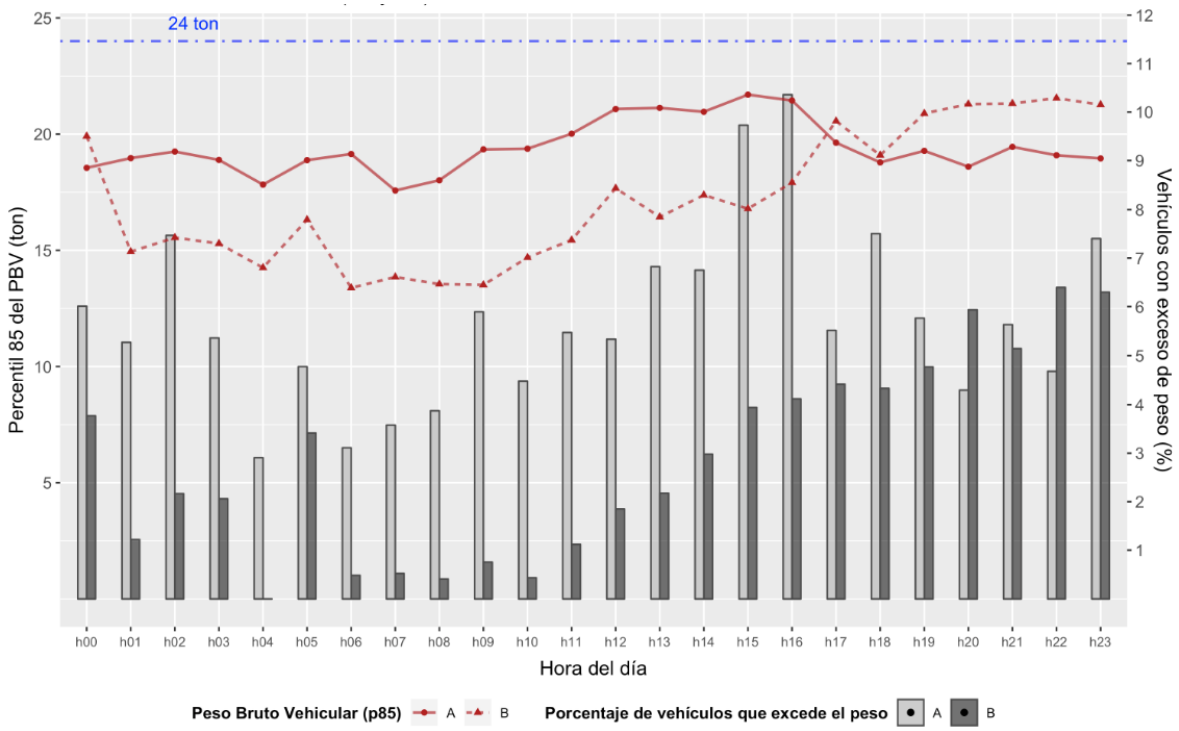

Figura 2.2. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Autobuses)

En esta figura podemos apreciar que para el cuerpo A, el percentil 85 de los pesos registrados se encuentra, a todas horas, por abajo del límite máximo permitido; con valores máximos a las 15:00 horas que alcanza un valor de 21.6 t y con un promedio del percentil 85 de los pesos anotados durante todo el día de 19.4 t. Para el cuerpo B, el cual la mayor parte del día registró pesos más bajos que el cuerpo A, el percentil 85 se ubica también por abajo del límite máximo permitido con valores máximos a las 22:00 horas (21.5 t) y un promedio del percentil 85 de los pesos contabilizados durante todo el día de 17.2 t, valor menor en 2.2 t que el registrado en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos por hora del día, la Figura 2.2 muestra también que a lo largo del día existe un porcentaje de vehículos que excede dicho límite; el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso, es donde normalmente se aprecian los porcentajes más elevados con valores que alcanzan el 10.3% a las 16:00; en promedio, en el cuerpo A el porcentaje de autobuses que excede el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos, durante todo el día, fue de 5.7%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de autobuses que exceden el PBV máximo

permitido es a las 22:00, con un valor de 6.4%; en promedio, el porcentaje de autobuses que exceden el PBV máximo permitido durante todo el día en el cuerpo B fue de 2.8%, porcentaje menor que el de autobuses que exceden el límite en el cuerpo A.

2.1.1.2 Pesos Registrados por Día de la Semana

La Tabla 2.4 presenta los parámetros estadísticos de los pesos registrados por día de la semana, para los autobuses de 2 y 3 ejes, en el cuerpo A; mientras que la Tabla 2.5 presenta los parámetros estadísticos de este mismo tipo de vehículo, pero para el cuerpo B.

Tabla 2.4. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Autobús de 2 y 3 Ejes (B2 y B3), por Día de la Semana (Cuerpo A)

PARÁMETRO	AUTOBUSES DE 2 Y 3 EJES (B2 Y B3)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	2,409	2,564	2,250	2,243	2,159	2,387	2,575
PBV MÁXIMO	**24.0**	**24.0**	**24.0**	**24.0**	**24.0**	**24.0**	**24.0**
MEDIA	16.0	14.4	15.3	15.7	15.9	16.2	16.1
DE	4.8	5.3	5.1	5.0	6.0	5.5	5.0
MODA	14.7	15.9	16.6	15.6	15.2	16.0	17.3
MEDIANA	15.9	14.6	15.4	15.8	15.8	16.0	16.0
P_{MIN}	**1.2**	**2.1**	**2.9**	**3.3**	**2.7**	**2.2**	**0.5**
P_{MAX}	48.4	42.5	41.9	42.5	67.8	49.7	66.2
P15	11.2	9.1	10.2	10.6	10.1	10.7	11.2
P85	**19.4**	**18.8**	**19.3**	**19.3**	**20.1**	**20.0**	**19.5**
% EX	**5.3**	**4.4**	**5.6**	**5.5**	**7.9**	**7.6**	**5.3**

*Número de vehículos registrados

Tabla 2.5. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Autobús de 2 y 3 Ejes (B2 Y B3), por Día de la Semana (Cuerpo B)

PARÁMETRO	AUTOBUSES DE 2 Y 3 EJES (B2 Y B3)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	2,265	2,381	2,013	1,880	2,083	2,154	2,306
PBV MÁXIMO	**24.0**	**24.0**	**24.0**	**24.0**	**24.0**	**24.0**	**24.0**
MEDIA	12.1	11.7	11.6	12.4	12.7	12.6	12.6
DE	4.9	5.1	5.1	5.5	5.5	5.5	5.5
MODA	6.5	8.0	7.5	9.4	7.3	8.0	7.6
MEDIANA	11.4	10.7	11.0	11.4	11.9	11.5	11.7
P_{MIN}	**1.1**	**1.2**	**0.8**	**1.2**	**1.6**	**1.2**	**1.1**

P_{MAX}	36.4	50.0	30.6	36.4	32.3	40.3	32.1
P15	7.5	7.1	6.8	7.1	7.1	7.5	7.3
P85	16.8	16.7	16.3	18.4	18.5	18.8	18.5
% EX	2.4	2.0	2.5	3.9	4.5	4.3	4.3

*Número de vehículos registrados

La Figura 2.3 muestra, en el lado izquierdo de las ordenadas, el percentil 85 de los pesos registrados para ambos cuerpos y, en el lado derecho, el porcentaje de vehículos que excede el PBV máximo permitido (24.0 t), para este tipo de vehículo.

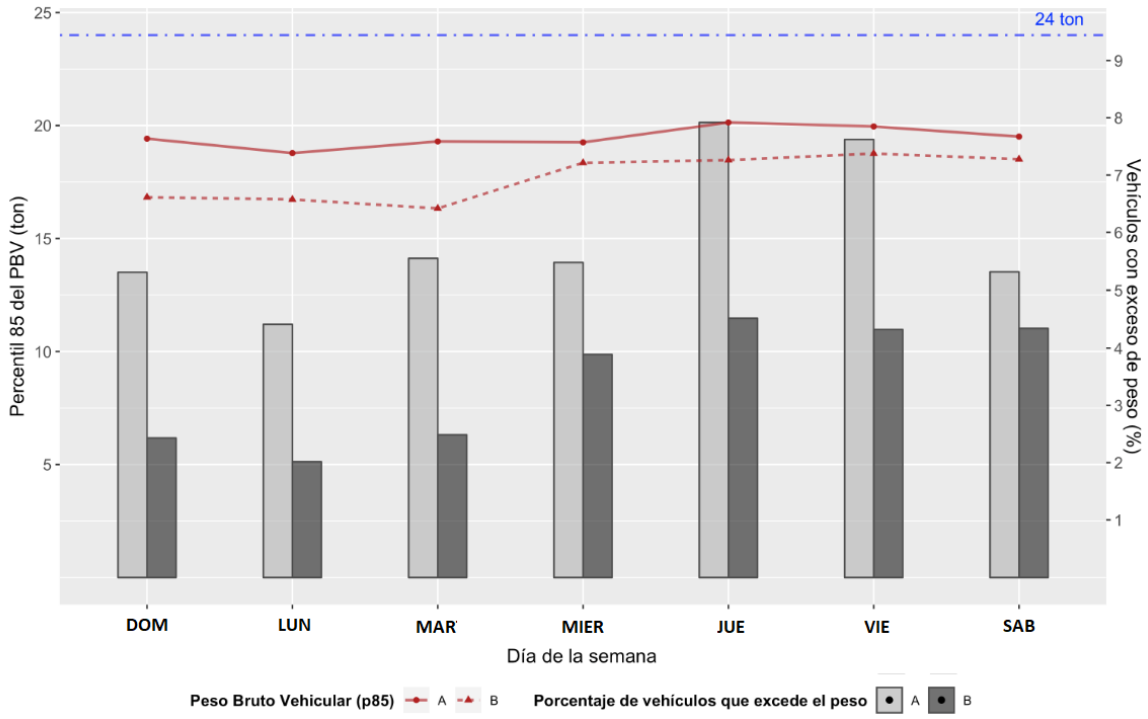

Figura 2.3. Percentil 85 del PBV para los Autobuses de 2 y 3 Ejes (B2 Y B3) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana

De la información anterior, destaca nuevamente que los valores mínimos registrados no se ajustan a la realidad del peso de un autobús vacío (tara del vehículo); que los valores máximos anotados pueden ser considerados congruentes conforme al PBV máximo permitido para este tipo de vehículo (24.0 t), que en el cuerpo A (sentido hacia Tuxpan) observamos mayores pesos; y que los jueves y viernes son los días de la semana en que este tipo de vehículo

registra el mayor porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido, 7.9% y 7.6% en el cuerpo A respectivamente, y 4.5% y 4.3% en el cuerpo B.

2.1.2 Vehículos Clase 5 o C2 (Camiones Sencillos de 2 Ejes)

La NOM-012-SCT-2-2017, sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas vigente, limita el PBV a los camiones sencillos de dos ejes (C2) a 19 t. Para este tipo de vehículos, en la Tabla 2.2 podemos observar que en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, tuvimos el PBV de 11,910 camiones sencillos de dos ejes en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales registraron un PBV promedio de 7.3 t; también anotamos un PBV mínimo de 0.3 t y máximo de 30.6. La mediana de los PBV registrados resultó en 6.6 t, el percentil 15 fue de 3.3 t, el percentil 85 fue de 11.5 t, valor por abajo del límite máximo permitido a este tipo de vehículos y solo el 0.6% de los camiones sencillos de dos ejes contabilizados excedieron el límite máximo permitido según la norma (19 t).

En la Tabla 2.3 vemos que el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, registró el PBV de 11,049 camiones sencillos de dos ejes, los cuales viajaban con un PBV promedio de 4.9 t, valor que resultó 2.4 t menor que el promedio registrado en el cuerpo A. En el cuerpo B, el PBV mínimo anotado para un camión sencillo de dos ejes fue de 0.1 t y el máximo de 22.8 t, la mediana de los PBV registrados resultó en 3.9 t, el percentil 15 fue 2.3 t, el percentil 85 fue 8.1 t y prácticamente la totalidad de los camiones sencillos de dos ejes en el cuerpo B se ajustaron al límite máximo permitido según la norma (solo el 0.2% excedieron las 19 t).

2.1.2.1 Pesos Registrados por Hora del Día

En la Figura 2.4 presentamos el percentil 85 de los PBV registrados por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido para los camiones sencillos de dos ejes en la NOM-012-SCT-2-2017, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua), y el valor de dicho límite máximo (línea azul discontinua).

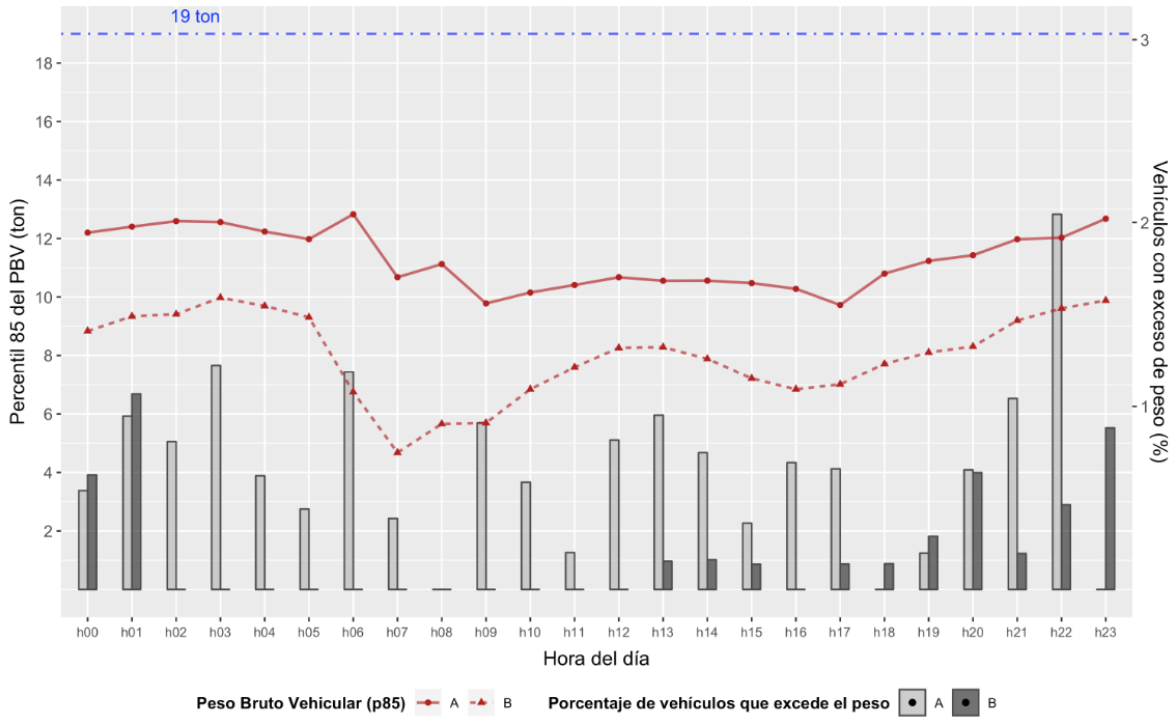

Figura 2.4. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Sencillos de Dos Ejes)

En esta figura podemos apreciar que para el cuerpo A, el percentil 85 de los pesos registrados se encuentra, a todas horas, por abajo del límite máximo permitido; con valores máximos a las 6:00 horas que alcanza un valor de 12.8 t y con un promedio del percentil 85 de los pesos anotados durante todo el día de 11.3 t. Para el cuerpo B, el cual durante todo día registró pesos más bajos que el cuerpo A, el percentil 85 se ubica también por abajo del límite máximo permitido con valores máximos a las 3:00 horas (9.9 t) y un promedio del percentil 85 de los pesos hallados durante todo el día de 8.0 t, valor menor en 4.8 t que el registrado en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos por hora del día, la Figura 2.4 muestra también que a lo largo del día existe un porcentaje muy bajo de vehículos que excede dicho límite, sobre todo en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso; el porcentaje más elevado de vehículos que exceden el PBV máximo permitido fue registrado a las 22:00 horas con apenas un 2%; en promedio, en el cuerpo A el porcentaje de camiones sencillos de dos ejes que excede el PBV máximo permitido para este

tipo de vehículos, durante todo el día, fue de 0.7%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones sencillos de dos ejes que exceden el PBV máximo permitido es a la 1:00 horas con un valor de 1%; en promedio, el porcentaje de camiones sencillos de dos ejes que exceden el PBV máximo permitido durante todo el día en el cuerpo B fue prácticamente cero (0.2%); porcentaje aún menor que el porcentaje de camiones sencillos de dos ejes que exceden el límite en el cuerpo A.

2.1.2.2 Pesos Registrados por Día de la Semana

La Tabla 2.6 presenta los parámetros estadísticos de los pesos registrados por día de la semana, para los camiones sencillo de 2 ejes, en el cuerpo A; mientras que la Tabla 2.7 presenta los parámetros estadísticos de este mismo tipo de vehículo, pero para el cuerpo B.

Tabla 2.6. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Sencillo de 2 Ejes (C2), por Día de la Semana (Cuerpo A)

PARÁMETRO	CAMIONES DE 2 EJES (C2)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	1,366	1,741	1,693	1,702	1,744	1,891	1,773
PBV MÁXIMO	**19.0**	**19.0**	**19.0**	**19.0**	**19.0**	**19.0**	**19.0**
MEDIA	7.1	7.0	7.7	7.8	7.3	7.3	7.0
DE	3.9	4.0	3.8	4.0	4.1	3.9	3.8
MODA	3.4	3.3	3.2	4.9	4.9	3.9	3.8
MEDIANA	6.1	6.2	7.2	7.3	6.5	6.5	6.2
P_{MIN}	**0.5**	**0.8**	**0.9**	**0.5**	**0.8**	**0.6**	**0.3**
P_{MAX}	22.1	21.9	29.3	29.4	26.8	30.6	26.7
P15	3.2	2.9	3.6	3.6	3.3	3.4	3.2
P85	**11.4**	**11.5**	**11.7**	**11.9**	**11.4**	**11.5**	**11.1**
% EX	**0.3**	**0.4**	**0.7**	**0.6**	**1.0**	**0.8**	**0.6**

*Número de vehículos registrados

Tabla 2.7 Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Sencillo de 2 Ejes (C2), por Día de la Semana (Cuerpo B)

PARÁMETRO	CAMIONES DE 2 EJES (C2)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	1,603	1,648	1,373	1,459	1,508	1,704	1,754
PBV MÁXIMO	**19.0**	**19.0**	**19.0**	**19.0**	**19.0**	**19.0**	**19.0**
MEDIA	4.6	4.8	5.0	5.4	5.1	5.3	4.9

DE	3.0	3.0	3.2	3.4	3.1	3.3	3.1
MODA	2.3	2.7	3.2	2.7	4.6	2.9	2.7
MEDIANA	3.6	3.9	3.9	4.2	4.2	4.1	3.8
P_{MIN}	**0.6**	**0.4**	**0.1**	**0.6**	**0.8**	**0.9**	**0.6**
P_{MAX}	22.9	21.3	19.3	21.0	19.4	21.2	21.5
P15	2.2	2.2	2.3	2.5	2.4	2.4	2.3
P85	**7.6**	**7.8**	**8.3**	**8.8**	**8.2**	**8.5**	**8.0**
% EX	0.4	0.1	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1

*Número de vehículos registrados

La Figura 2.5 muestra, en el lado izquierdo de las ordenadas, el percentil 85 de los pesos registrados para ambos cuerpos y, en el lado derecho, el porcentaje de vehículos que excede el PBV máximo permitido (19.0 t) para este tipo de vehículo.

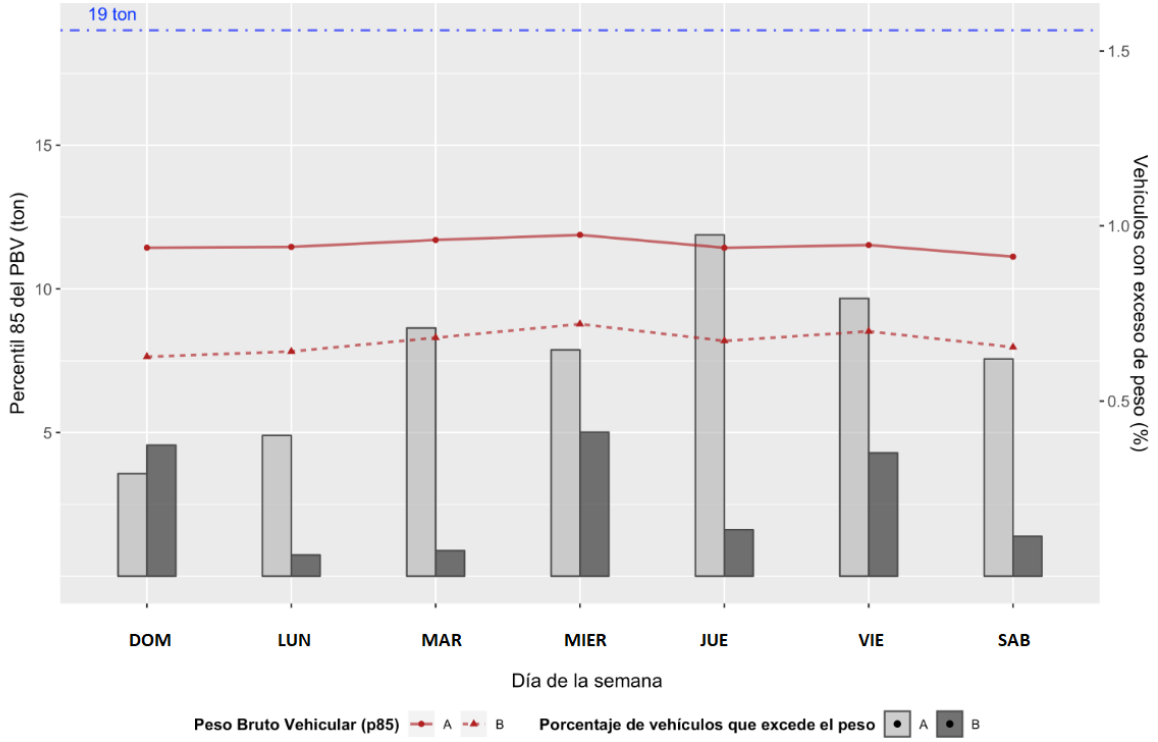

Figura 2.5. Percentil 85 del PBV para los Camiones Sencillos de 2 Ejes (C2) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana

De la información anterior, destaca nuevamente que los valores mínimos registrados no se ajustan a la realidad del peso de un camión sencillo (C2) vacío (tara del vehículo); que los valores máximos anotados pueden ser considerados congruentes conforme al PBV máximo permitido para este tipo de vehículo (19.0

t), que en el cuerpo A (sentido hacia Tuxpan) observamos mayores pesos; que los jueves y viernes son los días de la semana en aparecen mayores pesos; no obstante el porcentaje de vehículos tipo C2 que exceden el PBV máximo permitido es sumamente bajo (el porcentaje más alto de vehículos excedidos corresponde al día jueves en el cuerpo A con apenas 1%).

2.1.3 Vehículos Clase 6 o C3 (Camiones Sencillos de 3 Ejes)

La NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas vigente, limita el PBV a los camiones sencillos de tres ejes (C3) a 27.5 t. Para este tipo de vehículos, en la Tabla 2.2 observamos que el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, registró el PBV de 12,203 camiones sencillos de tres ejes en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales registraron un PBV promedio de 16.4 t; también hubo un PBV mínimo de 1.0 t y máximo de 52.8 t, valor muy superior al máximo permitido. La mediana de los PBV registrados resultó en 16.3 t, el percentil 15 fue de 13.2 t, el percentil 85 fue de 19.5 t, valor por abajo del límite máximo permitido a este tipo de vehículos y solo el 3.1% de los camiones sencillos de tres ejes contabilizados excedieron el límite máximo permitido según la norma (27.5 t).

En la Tabla 2.3 observamos que el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, registró el PBV de 8,333 camiones sencillos de tres ejes, los cuales viajaban con un PBV promedio de 15.3 t, valor que resultó 1.1 t menor que el promedio registrado en el cuerpo A. En el cuerpo B, el PBV mínimo anotado para un camión sencillo de tres ejes fue de 0.9 t y el máximo de 43.9 t, la mediana de los PBV registrados resultó en 14.5 t, el percentil 15 fue 9.1 t, el percentil 85 fue 22.5 t y tan solo el 1.6% de los camiones sencillos de tres ejes en el cuerpo B excedieron el límite máximo permitido según la norma (27.5 t).

2.1.3.1 Pesos Registrados por Hora del Día

En la Figura 2.6 presentamos el percentil 85 de los PBV registrados por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido para los camiones sencillos de tres ejes en la NOM-012-SCT-2-2017; tanto para el cuerpo

A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el valor de dicho límite máximo (línea azul discontinua).

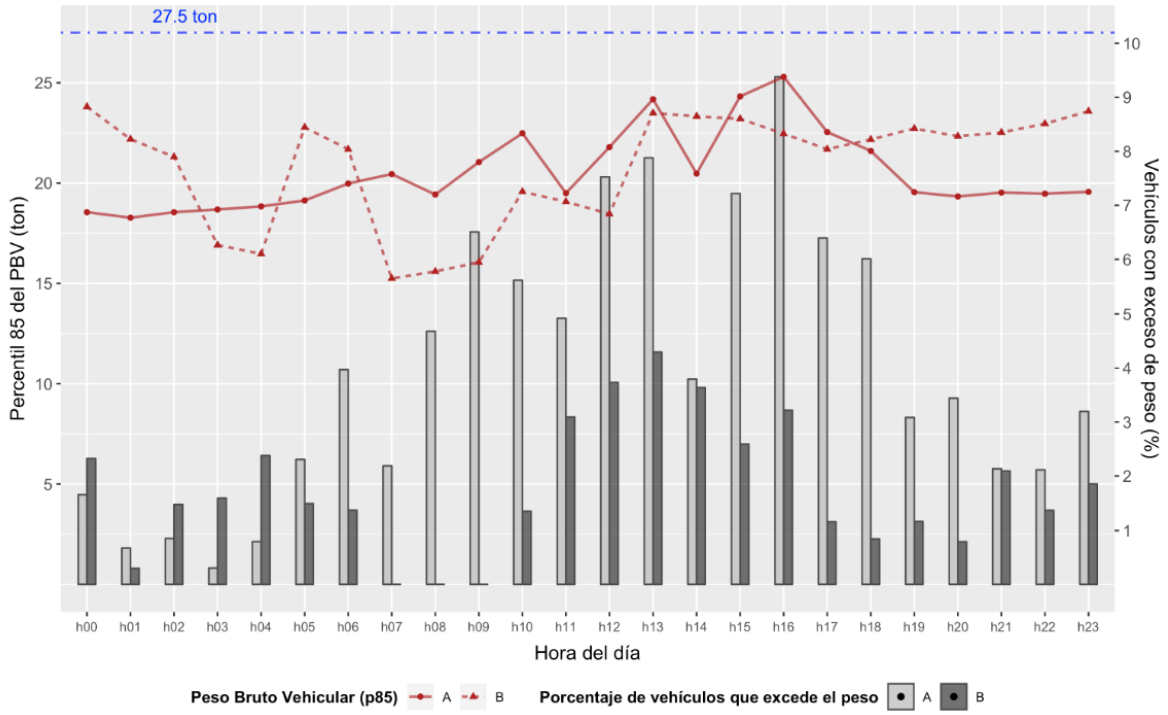

Figura 2.6. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Sencillos de Tres Ejes)

En esta figura apreciamos que para el cuerpo A, el percentil 85 de los pesos registrados se encuentra, a todas horas, por abajo del límite máximo permitido, con un valor máximo a las 16:00 horas de 25.3 t y con un promedio del percentil 85 de los pesos hallados durante todo el día de 20.5 t. Para el cuerpo B, el percentil 85 está también por abajo del límite máximo permitido durante todo el día, con un valor máximo a las 0:00 horas (23.8 t) y un promedio del percentil 85 de los pesos registrados durante todo el día de 20.8 t, valor promedio muy similar al encontrado en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos por hora del día, en la Figura 2.6 se muestra también que a lo largo del día existe un porcentaje de vehículos que excede dicho límite, sobre todo en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso; el porcentaje más elevado de vehículos que exceden el PBV máximo permitido fue registrado a las 16:00 horas con un 9.3%; en promedio, en el cuerpo A el porcentaje de camiones

sencillos de tres ejes que excede el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos, durante todo el día, fue de 4%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones sencillos de tres ejes que exceden el PBV máximo permitido fue a las 13:00 horas con un 4.2%; en promedio, el porcentaje de camiones sencillos de tres ejes que exceden el PBV máximo permitido durante todo el día en el cuerpo B fue realmente muy bajo (1.7%), porcentaje menor que el de camiones de tres ejes que exceden el límite en el cuerpo A.

2.1.3.2 Pesos Registrados por Día de la Semana

La Tabla 2.8 presenta los parámetros estadísticos de los pesos registrados por día de la semana, para los camiones sencillo de 3 ejes (C3), en el cuerpo A, mientras que la Tabla 2.9 presenta los parámetros estadísticos de este mismo tipo de vehículo, pero para el cuerpo B.

Tabla 2.8. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Sencillo de 3 Ejes (C3), por Día de la Semana (Cuerpo A)

PARÁMETRO	CAMIONES DE 3 EJES (C3)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	1,522	2,073	1,902	1,766	1,733	1,686	1,521
PBV MÁXIMO	**27.5**	**27.5**	**27.5**	**27.5**	**27.5**	**27.5**	**27.5**
MEDIA	16.9	15.5	16.5	16.5	16.7	17.1	16.5
DE	4.6	4.8	4.9	4.3	5.2	5.2	4.1
MODA	16.7	16.9	14.4	16.4	15.5	18.4	16.8
MEDIANA	16.5	15.9	16.3	16.4	16.3	16.5	16.4
P_{MIN}	**2.8**	**2.8**	**1.0**	**5.1**	**4.2**	**3.2**	**1.9**
P_{MAX}	41.2	50.0	45.7	44.8	52.2	52.9	48.3
P15	13.8	9.8	13.1	13.7	13.0	13.6	13.9
P85	**19.6**	**18.7**	**19.8**	**19.1**	**20.3**	**21.0**	**19.1**
% EX	**3.9**	**2.0**	**3.5**	**2.3**	**4.2**	**4.2**	**2.2**

*Número de vehículos registrados

Tabla 2.9. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Sencillo de 3 Ejes (C3), por Día de la Semana (Cuerpo B)

PARÁMETRO	CAMIONES DE 3 EJES (C3)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	906	1291	1349	1254	1168	1179	1186
PBV MÁXIMO	**27.5**	**27.5**	**27.5**	**27.5**	**27.5**	**27.5**	**27.5**
MEDIA	15.2	14.8	14.8	15.2	15.8	15.9	15.9

DE	5.7	5.7	5.7	6.0	6.0	6.3	6.0
MODA	13.5	13.5	13.7	12.8	14.5	13.8	14.1
MEDIANA	14.3	14.1	14.2	14.3	14.8	15.0	15.1
P_{MIN}	**1.2**	**1.0**	**1.1**	**1.0**	**3.2**	**1.3**	**1.9**
P_{MAX}	37.6	35.1	32.8	40.4	43.9	32.9	36.2
P15	9.8	8.6	8.5	9.1	9.4	9.0	9.6
P85	**22.2**	**21.8**	**21.8**	**22.5**	**23.1**	**23.3**	**23.0**
% EX	**1.7**	**0.9**	**1.3**	**1.9**	**2.3**	**2.4**	**1.4**

*Número de vehículos registrados

La Figura 2.7 muestra, en el lado izquierdo de las ordenadas, el percentil 85 de los pesos registrados para ambos cuerpos y, en el lado derecho, el porcentaje de vehículos que excede el PBV máximo permitido (27.5 t) para este tipo de vehículo.

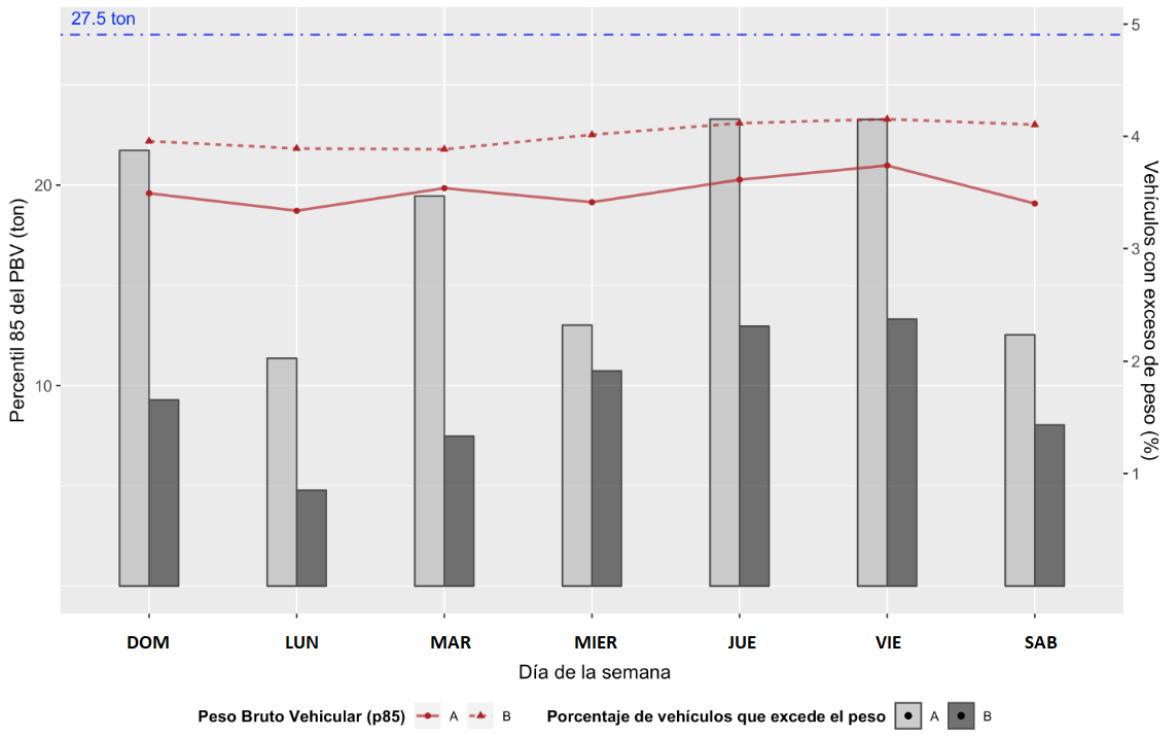

Figura 2.7. Percentil 85 del PBV para los Camiones Sencillos de 3 Ejes (C3) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana

De la información anterior destaca nuevamente que los valores mínimos anotados no se ajustan a la realidad del peso de un camión sencillo de tres ejes (C3) vacío (tara del vehículo); que los valores máximos registrados pueden ser considerados

congruentes conforme al PBV máximo permitido para este tipo de vehículo (27.5 t), que en el cuerpo A (sentido hacia Tuxpan) existen mayores pesos; y que los jueves y viernes son los días de la semana en que este tipo de vehículo registra mayores pesos, con porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido de 4.2% en ambos días para el cuerpo A y de 2.3% y 2.4% respectivamente para el cuerpo B.

2.1.4 Vehículos Clase 8 o T2S2 (Camiones Articulados de 4 Ejes)

La NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas vigente limita el PBV a los camiones articulados de cuatro ejes (T2S2) a 38 t. Para este tipo de vehículos, en la Tabla 2.2 observamos que en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, contabilizamos el PBV de 1,593 camiones articulados de cuatro ejes en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales registraron un PBV promedio de 17.9 t; también hubo un PBV mínimo de 1.1 t y máximo de 47.4 t, valor muy superior al máximo permitido. La mediana de los PBV registrados resultó en 19.2 t, el percentil 15 fue de 8.6 t, el percentil 85 fue de 24.7 t, valor por abajo del límite máximo permitido a este tipo de vehículos y solo el 0.9% de los camiones articulados de cuatro ejes contabilizados excedieron el límite máximo permitido según la norma (38 t).

En la Tabla 2.3 se observa que el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, registró el PBV de 1,025 camiones articulados de cuatro ejes, los cuales viajaban con un PBV promedio de 10.0 t, valor que resultó 7.9 t menor que el promedio registrado en el cuerpo A. En el cuerpo B, el PBV mínimo encontrado para un camión articulado de cuatro ejes fue de 0.8 t y el máximo de 29.1 t, la mediana de los PBV registrados resultó en 8.9 t, el percentil 15 fue 4.5 t, el percentil 85 fue 16.1 t y la totalidad de los camiones articulados de cuatro ejes en el cuerpo B se ajustaron al límite máximo permitido según la norma (38 t).

2.1.4.1 Pesos Registrados por Hora del Día

La Figura 2.8 presenta el percentil 85 de los PBV registrados por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido para los vehículos articulados de cuatro ejes (T2-S2) en la NOM-012-SCT-2-2017, tanto para el

cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua), y el valor de dicho límite máximo (línea azul discontinua).

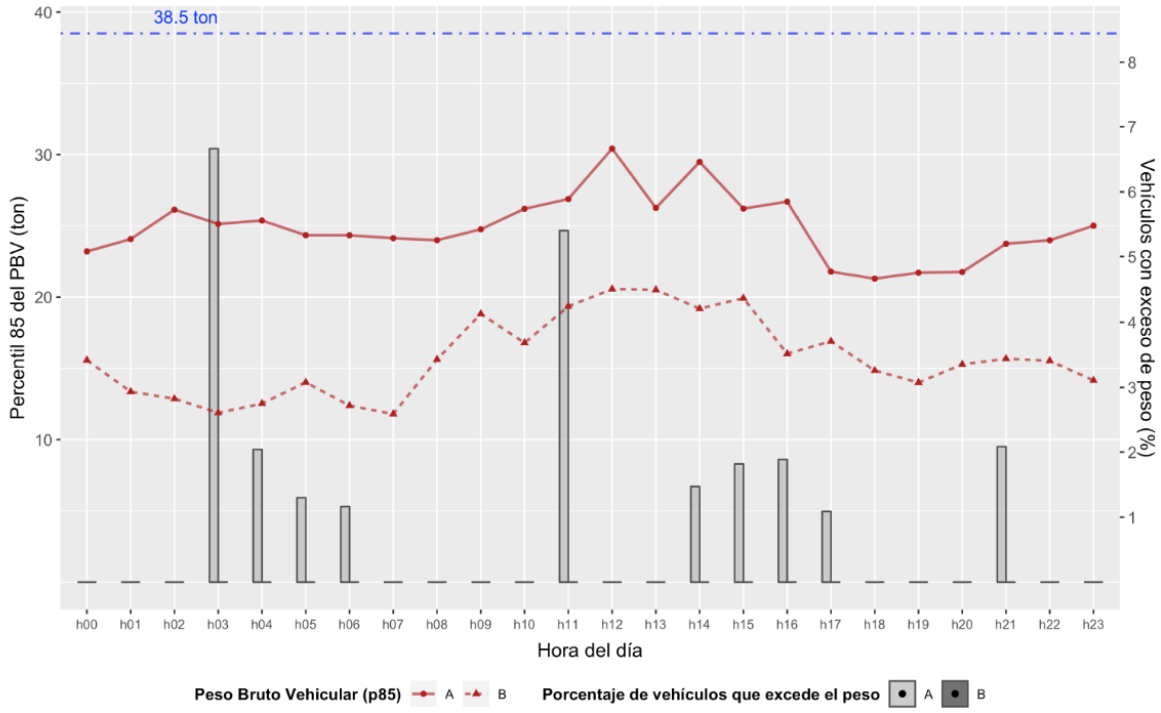

Figura 2.8. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Articulados de Cuatro Ejes)

En esta figura, podemos apreciar que para el cuerpo A, el percentil 85 de los pesos registrados se encuentra, a todas horas, por abajo del límite máximo permitido; con un valor máximo a las 12:00 horas de 30.4 t y con un promedio del percentil 85 de los pesos anotados durante todo el día de 24.8 t. Para el cuerpo B, el percentil 85 está también por abajo del límite máximo permitido durante todo el día, con un valor máximo a las 12:00 horas (20.5 t) y un promedio del percentil 85 de los pesos registrados durante todo el día de 15.7 t, valor significativamente menor al promedio encontrado en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos por hora del día, la Figura 2.8 muestra que solo en ciertas horas del día existe un porcentaje de vehículos que excede dicho límite; sobre todo en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso, registrándose el porcentaje más elevado de vehículos que exceden el PBV máximo permitido a las 3:00 horas con un 6.6%; en promedio, en el cuerpo A el porcentaje de camiones

articulados de cuatro ejes que excede el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos, durante todo el día, fue realmente bajo, tan solo el 1%. En el cuerpo B, el porcentaje de camiones articulados de cuatro ejes que exceden el PBV máximo permitido fue cero; ningún vehículo de este tipo en el cuerpo B, excedió el límite máximo permitido.

2.1.4.2 Pesos Registrados por Día de la Semana

La Tabla 2.10 presenta los parámetros estadísticos de los pesos registrados por día de la semana, para los camiones articulados de 4 ejes (T2S2), en el cuerpo A; mientras que la Tabla 2.11 presenta los parámetros estadísticos de este mismo tipo de vehículo, pero para el cuerpo B.

Tabla 2.10. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 4 Ejes (T2S2), por Día de la Semana (Cuerpo A)

PARÁMETRO	CAMIÓN ARTICULADO DE 4 EJES (T2S2)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	208	204	245	222	247	239	228
PBV MÁXIMO	**38.0**	**38.0**	**38.0**	**38.0**	**38.0**	**38.0**	**38.0**
MEDIA	19.3	15.9	18.3	18.9	18.6	17.9	16.9
DE	7.1	8.4	7.5	7.0	8.4	7.3	7.9
MODA	22.0	12.3	4.1	20.7	22.1	21.7	20.7
MEDIANA	20.8	15.9	19.3	20.3	18.9	18.7	17.5
P_{MIN}	**2.9**	**1.5**	**2.1**	**3.3**	**1.6**	**1.9**	**1.1**
P_{MAX}	40.9	43.2	41.3	41.9	47.5	44.7	43.1
P15	10.5	6.9	9.3	10.4	9.3	8.6	6.7
P85	**24.9**	**24.2**	**24.5**	**25.1**	**26.1**	**24.6**	**24.5**
% EX	**0.5**	**1.0**	**1.6**	**0.5**	**1.6**	**0.8**	**0.4**

*Número de vehículos registrados

Tabla 2.11. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 4 Ejes (T2S2), por Día de la Semana (Cuerpo B)

PARÁMETRO	CAMIÓN ARTICULADO DE 4 EJES (T2S2)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	142	108	171	153	156	128	167
PBV MÁXIMO	**38.0**	**38.0**	**38.0**	**38.0**	**38.0**	**38.0**	**38.0**
MEDIA	8.9	8.9	9.8	10.2	11.1	10.9	10.3
DE	5.3	5.6	5.0	5.0	5.5	5.8	4.8
MODA	9.6	5.9	10.7	14.8	13.2	8.2	5.1
MEDIANA	8.2	7.4	8.8	9.2	10.0	9.8	9.5

P_{MIN}	**1.8**	**0.8**	**1.5**	**1.2**	**1.5**	**2.1**	**2.3**
P_{MAX}	24.7	24.0	24.5	23.8	24.9	29.1	23.6
P15	3.8	3.8	4.5	5.3	5.5	5.1	5.1
P85	**14.0**	**16.0**	**16.0**	**15.7**	**17.9**	**16.8**	**15.8**
% EX	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**

*Número de vehículos registrados

La Figura 2.9 muestra, en el lado izquierdo de las ordenadas, el percentil 85 de los pesos registrados para ambos cuerpos y, en el lado derecho, el porcentaje de vehículos que excede el PBV máximo permitido (38.0 t) para este tipo de vehículo.

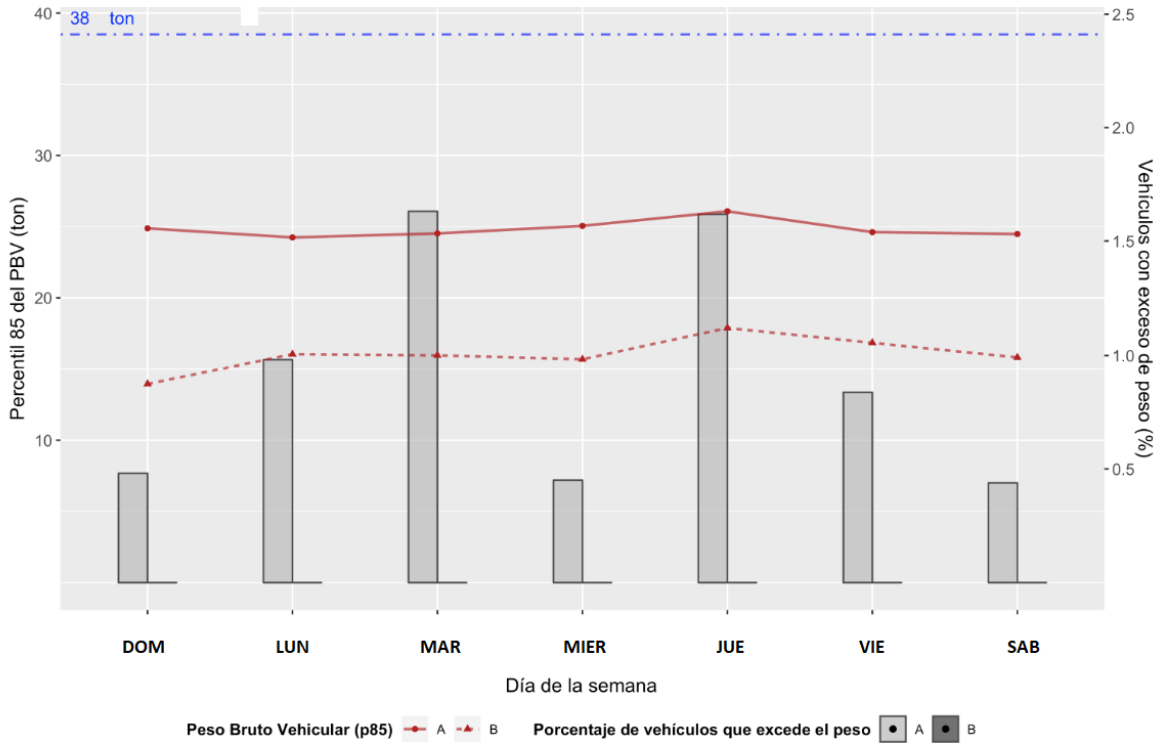

Figura 2.9. Percentil 85 del PBV para los Camiones Articulados de 4 Ejes (T2S2) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana

De la información anterior destaca nuevamente que, los valores mínimos registrados no se ajustan a la realidad del peso de un camión articulado de cuatro ejes (T2S2) vacío (tara del vehículo); que los valores máximos contabilizados pueden ser considerados congruentes conforme al PBV máximo permitido para este tipo de vehículo (38.0 t), que en el cuerpo A (sentido hacia Tuxpan) se observan mayores pesos; y que los martes y jueves son los días de la semana en que este tipo de vehículo registra mayores pesos, con porcentaje de vehículos que

exceden el PBV máximo permitido muy bajos, 1.6% en ambos días para el cuerpo A, y para el cuerpo B con todos los vehículos registrados dentro del PBV máximo autorizado para este tipo de vehículo.

2.1.5 Vehículos Clase 9 o T3S2 (Camiones Articulados de 5 Ejes)

La NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas vigente limita el PBV a los camiones articulados de cinco ejes (T3S2) a 46.5 t. Para este tipo de vehículos, en la Tabla 2.2 podemos observar que el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, registró el PBV de 10,121 camiones articulados de cinco ejes en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales registraron un PBV promedio de 27.8 t; también anotamos un PBV mínimo de 4.8 t y máximo de 98.5 t, valor muy superior al máximo permitido. La mediana de los PBV registrados resultó en 27.2 t, el percentil 15 fue de 21.9 t, el percentil 85 fue de 35.4 t, valor por abajo del límite máximo permitido a este tipo de vehículos y solo el 1.5% de los camiones articulados de cinco ejes encontrados excedieron el límite máximo permitido según la norma (46.5 t).

En la Tabla 2.3 observamos que en el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, encontramos el PBV de 4,796 camiones articulados de cinco ejes, los cuales viajaban con un PBV promedio de 21.8 t, valor que resultó 6.0 t menor que el promedio registrado en el cuerpo A. En el cuerpo B, el PBV mínimo anotados para un camión articulado de cinco ejes fue de 2.3 t y el máximo de 66.2 t, la mediana de los PBV registrados resultó en 22.1 t, el percentil 15 fue 11.0 t, el percentil 85 fue 31.2 t y prácticamente la totalidad de los camiones articulados de cinco ejes en el cuerpo B se ajustaron al límite máximo permitido según la norma (46.5 t), solo el 0.2% viajaba excedido.

2.1.5.1 Pesos Registrados por Hora del Día

En la Figura 2.10 presentamos el percentil 85 de los PBV registrados por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido para los vehículos articulados de cinco ejes (T3-S2) en la NOM-012-SCT-2-2017, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el valor de dicho límite máximo (línea azul discontinua).

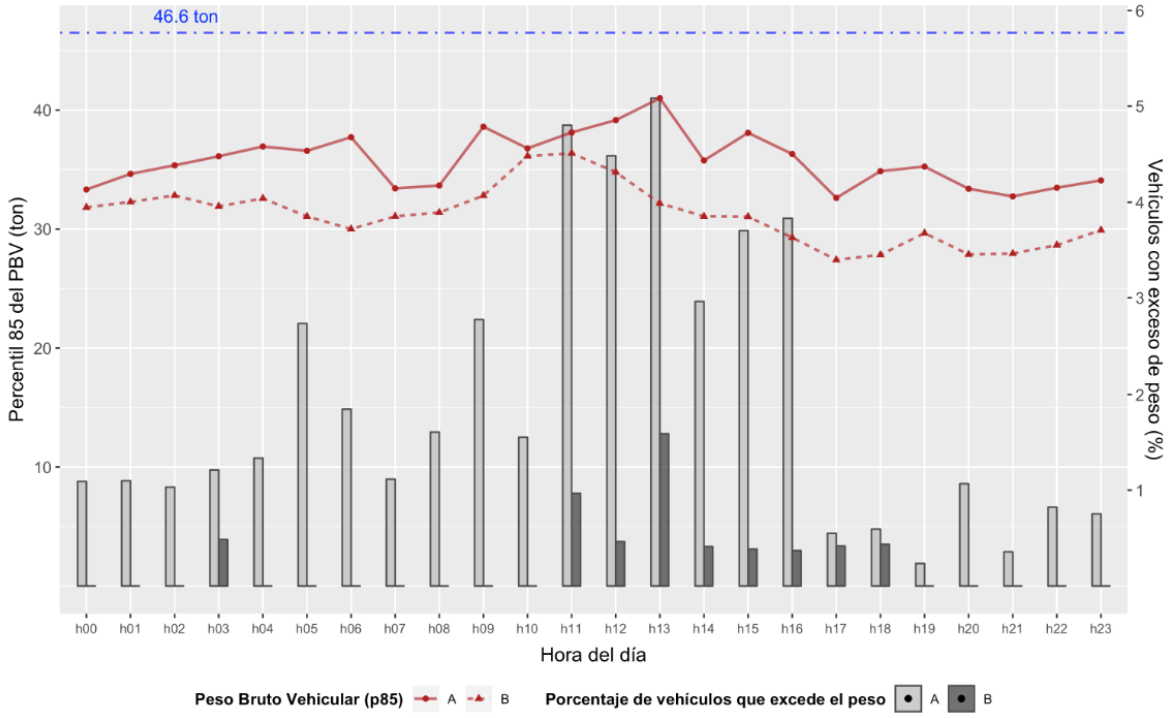

Figura 2.10. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Articulados de Cinco Ejes)

En esta figura apreciamos que para el cuerpo A, el percentil 85 de los pesos registrados se encuentra, a todas horas, por abajo del límite máximo permitido, con un valor máximo a las 13:00 horas de 41.0 t y con un promedio del percentil 85 de los pesos contabilizados durante todo el día de 35.7 t. Para el cuerpo B, el percentil 85 está también por abajo del límite máximo permitido durante todo el día, con un valor máximo a las 11:00 horas (36.3 t) y un promedio del percentil 85 de los pesos registrados durante todo el día de 31.1 t, valor ligeramente menor al promedio anotado en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos por hora del día, la Figura 2.10 muestra que, en el cuerpo A, durante todo el día existe un ligero porcentaje de vehículos que excede dicho límite, encontramos el porcentaje más elevado a las 13:00 horas con un 5%; en promedio, en el cuerpo A el porcentaje de camiones articulados de cinco ejes que excede el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos, durante todo el día, fue realmente bajo, tan solo el 1.9%. En el cuerpo B, el porcentaje de camiones articulados de cinco ejes que exceden el PBV máximo permitido estuvo solo en

algunas horas del día, el valor más alto fue a las 13:00 horas con un 1.6%; en promedio, durante todo el día, el porcentaje de camiones articulados de cinco ejes que exceden el límite máximo permitido en el cuerpo B, fue realmente cero (0.2%).

2.1.5.2 Pesos Registrados por Día de la Semana

La Tabla 2.12 presenta los parámetros estadísticos de los pesos registrados por día de la semana, para los camiones articulados de 5 ejes (T3S2), en el cuerpo A; mientras que la Tabla 2.13 presenta los parámetros estadísticos de este mismo tipo de vehículo, pero para el cuerpo B.

Tabla 2.12. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 5 Ejes (T3S2), por Día de la Semana (Cuerpo A)

PARÁMETRO	CAMIÓN ARTICULADO DE 5 EJES (T3S2)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	977	1636	1657	1628	1662	1497	1064
PBV MÁXIMO	**46.5**	**46.5**	**46.5**	**46.5**	**46.5**	**46.5**	**46.5**
MEDIA	28.2	26.0	28.0	28.3	28.0	28.4	28.2
DE	7.2	8.6	7.8	7.8	8.0	8.5	7.7
MODA	25.6	25.7	24.3	27.9	28.6	27.7	26.3
MEDIANA	27.6	26.6	27.3	27.5	27.3	27.4	27.5
P_{MIN}	7.6	4.9	7.0	6.3	6.3	6.6	4.8
P_{MAX}	53.2	77.0	83.1	80.5	77.6	98.6	88.1
P15	23.0	15.0	22.5	23.2	22.0	22.3	22.9
P85	35.4	33.0	35.5	35.4	35.9	36.6	35.3
% EX	1.0	1.3	1.6	1.6	1.7	2.1	1.5

*Número de vehículos registrados

Tabla 2.13. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 5 Ejes (T3S2), por Día de la Semana (Cuerpo B)

PARÁMETRO	CAMIÓN ARTICULADO DE 5 EJES (T3S2)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	481	583	758	739	814	723	698
PBV MÁXIMO	**46.5**	**46.5**	**46.5**	**46.5**	**46.5**	**46.5**	**46.5**
MEDIA	22.8	21.1	20.7	22.0	22.0	22.5	22.0
DE	8.8	8.3	8.9	8.9	8.7	8.8	9.0
MODA	22.2	22.3	12.9	17.0	19.6	11.4	33.1
MEDIANA	22.9	21.4	21.4	22.4	22.0	22.1	22.6
P_{MIN}	6.3	4.6	2.6	5.1	5.0	4.2	2.4
P_{MAX}	51.0	42.9	48.4	49.0	66.2	49.9	48.2

P15	11.9	10.6	10.3	10.8	11.4	12.4	10.9
P85	31.9	29.6	30.4	31.3	31.1	32.0	32.2
% EX	0.2	0.0	0.1	0.4	0.5	0.4	0.1

*Número de vehículos registrados

La Figura 2.11 muestra, en el lado izquierdo de las ordenadas, el percentil 85 de los pesos registrados para ambos cuerpos y, en el lado derecho, el porcentaje de vehículos que excede el PBV máximo permitido (46.5 t) para este tipo de vehículo.

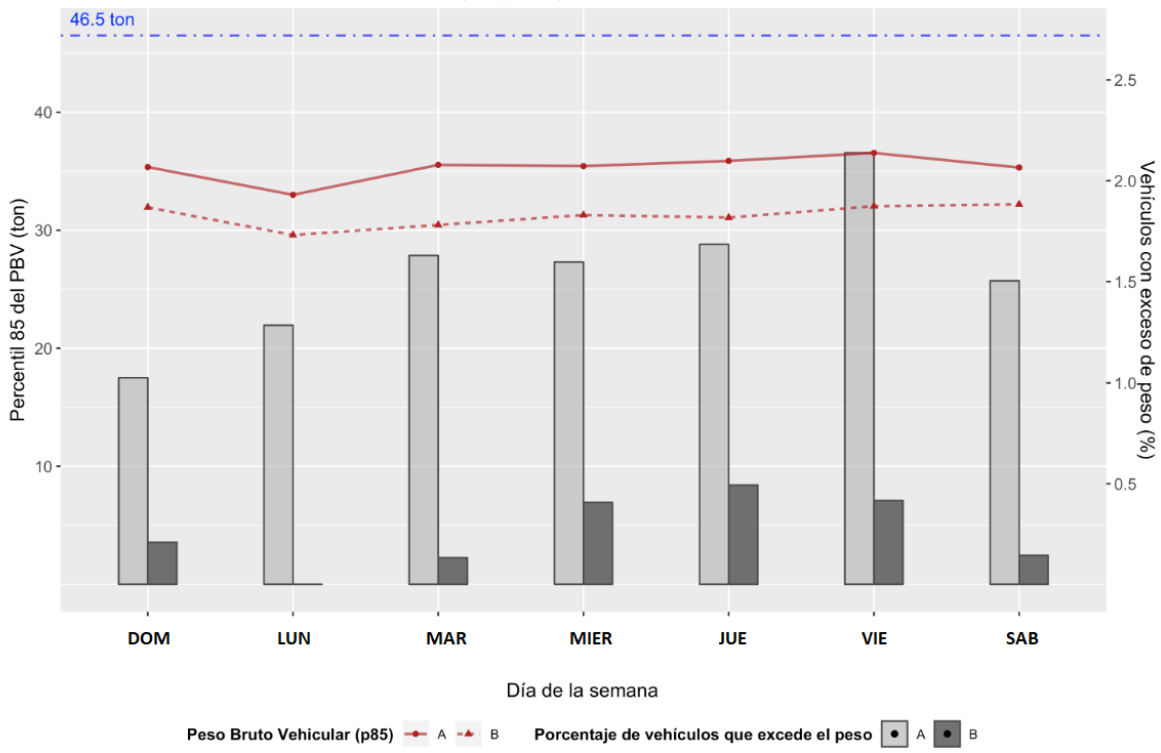

Figura 2.11. Percentil 85 del PBV para los Camiones Articulados de 5 Ejes (T3S2) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana

De la información anterior, destaca nuevamente que los valores mínimos registrados no se ajustan a la realidad del peso de un camión articulado de cinco ejes (T3S2) vacío (tara del vehículo); que los valores máximos contabilizados pueden resultar congruentes conforme con el PBV máximo permitido para este tipo de vehículo (46.5 t), que en el cuerpo A (sentido hacia Tuxpan) observamos mayores pesos; que el viernes es el día de la semana en que este tipo de vehículo registra mayores pesos; no obstante, los porcentajes de vehículos que exceden el

PBV máximo permitido son muy bajos: 2.1% el valor más alto para el viernes en el cuerpo A.

2.1.6 Vehículos Clase 10 o T3S3 (Camiones Articulados de 6 Ejes)

La NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas vigente limita el PBV a los camiones articulados de seis ejes (T3S3) a 54 t. Para este tipo de vehículos, en la Tabla 2.2 observamos que el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, registró el PBV de 2,918 camiones articulados de seis ejes en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales registraron un PBV promedio de 35.2 t; también tuvimos un PBV mínimo de 4.1 t y máximo de 131.6 t, valor muy superior al máximo permitido. La mediana de los PBV registrados resultó en 32.2 t, el percentil 15 fue de 25.9 t, el percentil 85 fue de 48.1 t, valor por abajo del límite máximo permitido a este tipo de vehículos y solo el 2.6% de los camiones articulados de seis ejes anotados excedieron el límite máximo permitido según la norma (54 t).

En la Tabla 2.3 observamos que el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, registró el PBV de 3,243 camiones articulados de seis ejes, los cuales viajaban con un PBV promedio de 34.4 t, valor que resultó 0.8 t menor que el promedio registrado en el cuerpo A. En el cuerpo B, el PBV mínimo anotado para un camión articulado de cinco ejes fue de 5.7 t y el máximo de 83.3 t, la mediana de los PBV registrados resultó en 33.5 t, el percentil 15 fue 25.4 t, el percentil 85 fue 46.1 t y prácticamente la totalidad de los camiones articulados de seis ejes en el cuerpo B se ajustaron al límite máximo permitido según la norma (54 t), solo el 0.6% viajaban excedidos.

2.1.6.1 Pesos Registrados por Hora del Día

La Figura 2.12 presenta el percentil 85 de los PBV registrados por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido para los vehículos articulados de seis ejes (T3-S3) en la NOM-012-SCT-2-2017, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el valor de dicho límite máximo (línea azul discontinua).

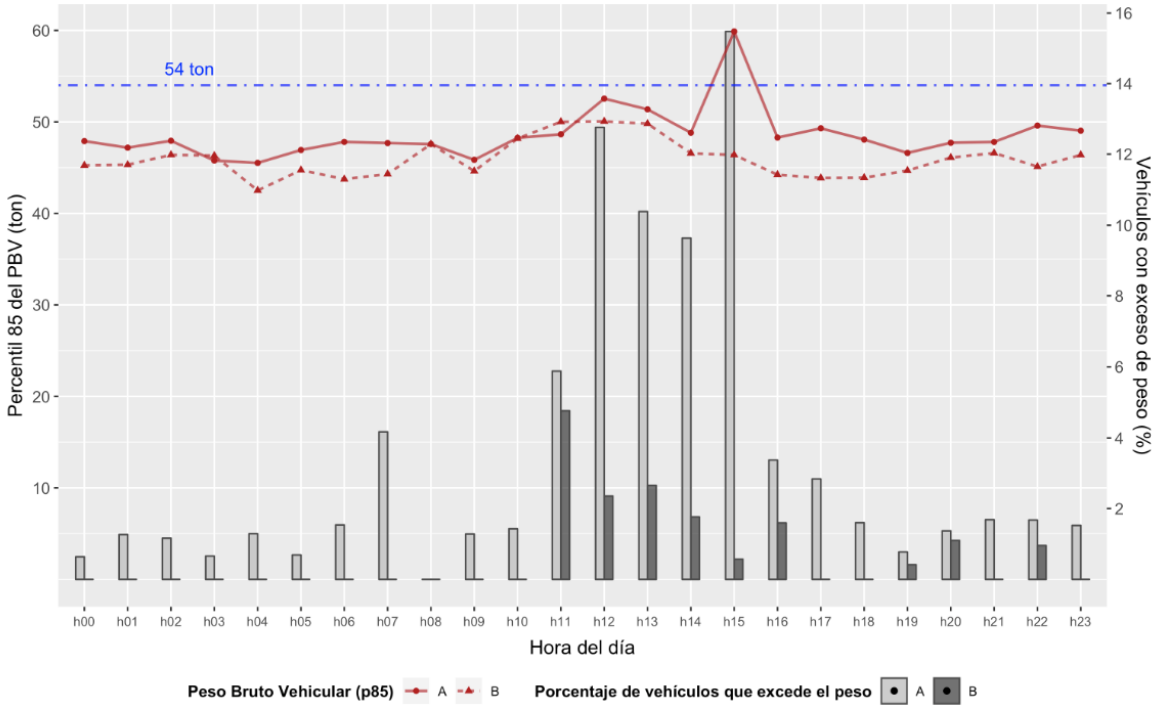

Figura 2.12. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Articulados de Seis Ejes)

En esta figura, podemos apreciar que para el cuerpo A, el percentil 85 de los pesos registrados está por abajo del límite máximo permitido, excepto a las 15:00 horas, con un valor máximo de 59.8 t, mayor que PBV máximo permitido, y con un promedio del percentil 85 de los pesos contabilizados durante todo el día de 48.5 t. Para el cuerpo B, el percentil 85 se ubica a lo largo del día por abajo del límite máximo permitido, con un valor máximo a las 11:00 horas (50.0 t) y un promedio del percentil 85 de los pesos registrados durante todo el día de 45.5 t, valor ligeramente menor al promedio anotado en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos por hora del día, la Figura 2.12 muestra que, en el cuerpo A, el porcentaje más elevado se encuentra a las 15:00 horas con un 15.5%; en promedio, en el cuerpo A el porcentaje de camiones articulados de cinco ejes que excede el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos, durante todo el día, fue realmente bajo, tan solo el 3.4%. En el cuerpo B, el porcentaje de camiones articulados de seis ejes que exceden el PBV máximo permitido fue observado solo en algunas horas del día; el valor más alto fue a las 11:00 horas con un 4.7%; en

promedio, durante todo el día, el porcentaje de camiones articulados de seis ejes que exceden el límite máximo permitido en el cuerpo B, fue realmente cero (0.6%).

2.1.6.2 Pesos Registrados por Día de la Semana

La Tabla 2.14 presenta los parámetros estadísticos de los pesos registrados por día de la semana, para los camiones articulados de 6 ejes (T3S3), en el cuerpo A, mientras que la Tabla 2.15 presenta los parámetros estadísticos de este mismo tipo de vehículo, pero para el cuerpo B.

Tabla 2.14. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 6 Ejes (T3S3), por Día de la Semana (Cuerpo A)

PARÁMETRO	CAMIÓN ARTICULADO DE 6 EJES (T3S3)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	257	501	473	501	459	424	303
PBV MÁXIMO	**54.0**	**54.0**	**54.0**	**54.0**	**54.0**	**54.0**	**54.0**
MEDIA	37.3	32.6	35.6	36.5	35.6	34.2	36.2
DE	13.2	12.2	12.7	12.6	13.3	12.4	11.8
MODA	40.5	31.5	32.8	31.1	30.5	32.4	32.6
MEDIANA	34.2	31.2	32.5	32.7	32.4	31.4	33.7
P_{MIN}	**6.9**	**4.1**	**9.2**	**10.7**	**8.1**	**9.9**	**7.8**
P_{MAX}	**95.4**	**101.9**	**131.6**	**103.4**	**100.8**	**106.5**	**103.7**
P15	27.4	22.2	26.4	26.7	25.4	26.1	26.8
P85	49.5	46.2	48.2	48.8	48.7	45.2	48.8
% EX	**4.7**	**1.8**	**1.9**	**2.6**	**2.8**	**3.1**	**2.3**

*Número de vehículos registrados

Tabla 2.15. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Articulado de 6 Ejes (T3S3), por Día de la Semana (Cuerpo B)

PARÁMETRO	CAMIÓN ARTICULADO DE 6 EJES (T3S3)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	266	420	511	506	547	551	442
PBV MÁXIMO	**54.0**	**54.0**	**54.0**	**54.0**	**54.0**	**54.0**	**54.0**
MEDIA	34.3	34.2	32.9	34.7	34.1	36.4	34.7
DE	10.5	9.7	10.2	10.9	11.1	10.2	11.1
MODA	30.9	43.9	31.5	29.9	33.2	27.9	33.2
MEDIANA	32.9	33.3	32.3	33.1	33.0	37.6	34.4
P_{MIN}	**9.4**	**7.5**	**6.0**	**5.7**	**5.7**	**6.6**	**8.0**
P_{MAX}	66.7	69.8	67.7	79.9	77.9	70.9	83.3
P15	25.9	26.6	23.5	25.4	24.7	26.4	24.1
P85	**46.3**	**44.9**	**44.6**	**46.9**	**45.9**	**46.9**	**46.6**

% EX	**0.4**	**0.2**	**0.4**	**1.2**	**1.1**	**0.2**	**0.7**

*Número de vehículos registrados

La Figura 2.13 muestra, en el lado izquierdo de las ordenadas, el percentil 85 de los pesos registrados para ambos cuerpos y, en el lado derecho, el porcentaje de vehículos que excede el PBV máximo permitido (54.0 t), para este tipo de vehículo.

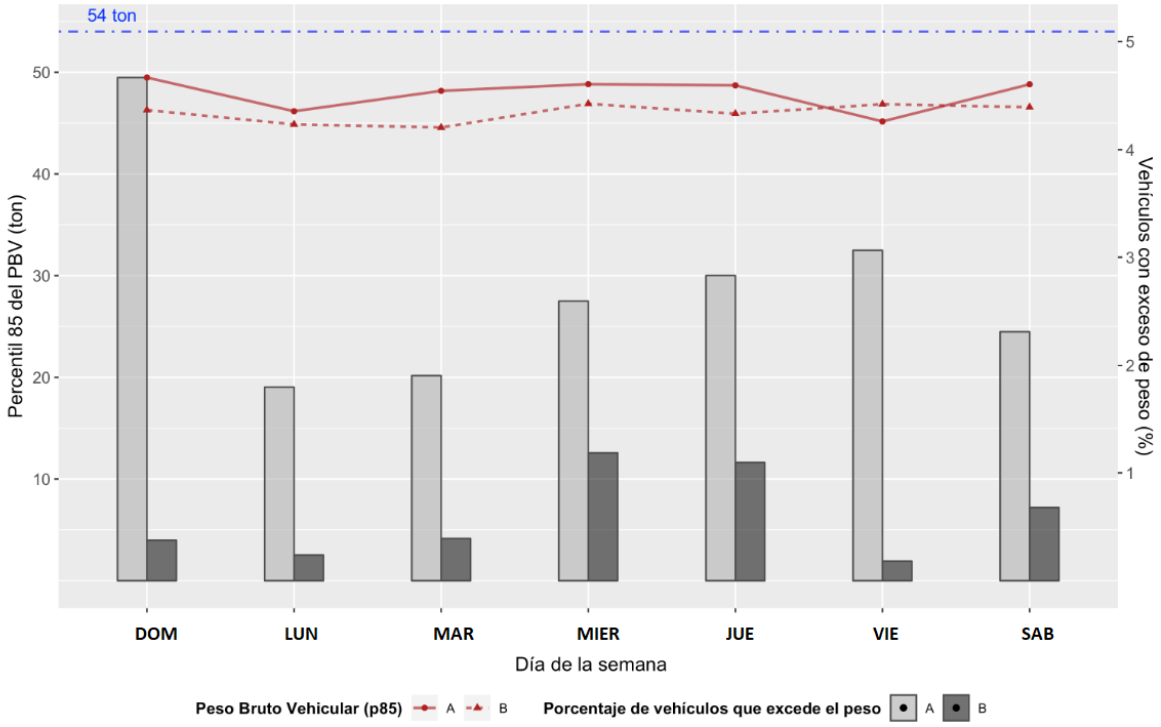

Figura 2.13. Percentil 85 del PBV para los Camiones Articulados de 6 Ejes (T3S3) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana

De la información anterior, destaca nuevamente que los valores mínimos registrados no se ajustan a la realidad del peso de un camión articulado de seis ejes (T3S3) vacío (tara del vehículo); que los valores máximos contabilizados esta vez también son muy elevados, casi el doble de los PBV máximos permitidos para este tipo de vehículo (54.0 t), que en el cuerpo A (sentido hacia Tuxpan) observamos mayores pesos; que el domingo es el día de la semana en que este tipo de vehículo registra mayores pesos y el mayor porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido, 4.7%, seguido del viernes con 3.1%, en el

cuerpo A, mientras que en el cuerpo B el valor más alto es para el día miércoles, con un 1.2% de vehículos excedidos.

2.1.7 Vehículos Clase 13 o T2S2R4 (Camiones Doblemente Articulados de 5 Ejes)

La NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas vigente limita el PBV a los camiones doblemente articulados de nueve ejes (T3S2R4) a 66.5 t. Para este tipo de vehículos, en la Tabla 2.2 observamos que el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, registró el PBV de 3,035 camiones doblemente articulados de nueve ejes en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales registraron un PBV promedio de 42 t; también encontramos un PBV mínimo de 7.3 t y máximo de 115 t, valor muy superior al máximo permitido. La mediana de los PBV registrados resultó en 41.3 t, el percentil 15 fue de 25.6 t, el percentil 85 fue de 60.6 t, valor por abajo del límite máximo permitido a este tipo de vehículos y el 8.4% de los camiones doblemente articulados de nueve ejes anotados excedieron el límite máximo permitido según la norma (66.5 t).

En la Tabla 2.3 observamos que el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, registró el PBV de 1,436 camiones doblemente articulados de nueve ejes, los cuales viajaban con un PBV promedio de 41.3 t, valor que resultó 0.7 t menor que el promedio registrado en el cuerpo A. En el cuerpo B, el PBV mínimo encontrado para un camión doblemente articulado de nueve ejes fue de 6.9 t y el máximo de 83.5 t, la mediana de los PBV registrados resultó en 40.8 t, el percentil 15 fue 20.9 t, el percentil 85 fue 62.1 t y un 7.5% de los camiones doblemente articulados de nueve ejes en el cuerpo B, excedieron el límite máximo permitido según la norma (66.5 t).

2.1.7.1 Pesos Registrados por Hora del Día

En la Figura 2.14 presentamos el percentil 85 de los PBV registrados por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido para los vehículos doblemente articulados de nueve ejes (T3-S2-R4) en la NOM-012-SCT-2-2017, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el valor de dicho límite máximo (línea azul discontinua).

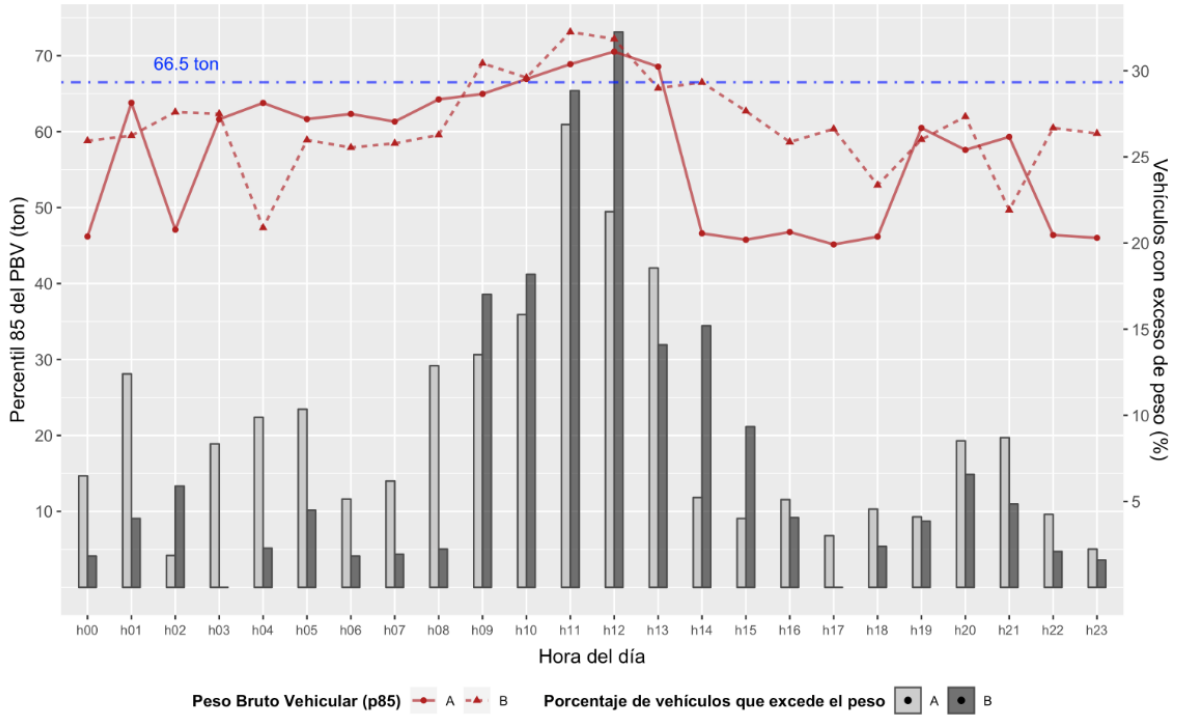

Figura 2.14. Percentil 85 del PBV Registrado y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido por Hora del Día (Camiones Doblemente Articulados de Nueve Ejes)

En esta figura apreciamos que, para el cuerpo A, el percentil 85 de los pesos registrados se encuentra en ciertas horas del día (entre 9:00 y 13:00 horas) por arriba del límite máximo permitido, con un valor máximo a las 11:00 horas de 70.5 t, peso mayor que el PBV máximo permitido, y con un promedio del percentil 85 de los pesos anotados durante todo el día de 57.1 t. Para el cuerpo B, el percentil 85, en ciertas horas del día, también se ubica por arriba del límite máximo permitido, con un valor máximo a las 11:00 horas (73.1 t) y un promedio del percentil 85 de los pesos registrados durante todo el día de 61.0 t, valor ligeramente mayor al promedio encontrado en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos por hora del día, la Figura 2.14 muestra que, en el cuerpo A, el porcentaje más elevado se encuentra a las 11:00 horas con un 26.8%; en promedio, en el cuerpo A el porcentaje de camiones doblemente articulados de nueve ejes que excede el PBV máximo permitido para este tipo de vehículos, durante todo el día, fue del 9.1%. En el cuerpo B, el porcentaje de camiones doblemente articulados de nueve ejes que exceden el PBV máximo permitido fue

observado a lo largo del día; el valor más alto fue a las 12:00 horas con un 32.2%; en promedio, durante todo el día, el porcentaje de camiones doblemente articulados de nueve ejes que exceden el límite máximo permitido en el cuerpo B, fue de 7.6%, valor ligeramente menor al observado en el cuerpo A.

2.1.7.2 Pesos Registrados por Día de la Semana

La Tabla 2.16 presenta los parámetros estadísticos de los pesos registrados por día de la semana, para los camiones doblemente articulados de 9 ejes (T3S2R4), en el cuerpo A; mientras que la Tabla 2.17 presenta los parámetros estadísticos de este mismo tipo de vehículo, pero para el cuerpo B.

Tabla 2.16. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Doblemente Articulado de 9 Ejes (T3S2R4), por Día de la Semana (Cuerpo A)

PARÁMETRO	CAMIÓN DOBLEMENTE ARTICULADO DE 9 EJES (T3S2R4)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	253	470	513	500	455	451	393
PBV MÁXIMO	**66.5**	**66.5**	**66.5**	**66.5**	**66.5**	**66.5**	**66.5**
MEDIA	41.1	39.9	43.6	42.6	42.3	41.8	42.4
DE	13.9	16.8	13.7	13.4	16.6	14.7	15.5
MODA	45.0	18.3	43.4	41.8	43.3	42.9	42.7
MEDIANA	41.0	40.3	41.8	41.5	41.3	41.0	42.1
P_{MIN}	**9.1**	**7.9**	**12.9**	**8.3**	**8.4**	**7.7**	**7.3**
P_{MAX}	**90.3**	**114.6**	**83.4**	**87.9**	**115.1**	**109.5**	**87.0**
P15	25.3	20.2	32.4	31.9	25.7	26.0	23.9
P85	47.4	60.6	62.2	60.1	60.9	59.4	61.8
% EX	**7.5**	**10.2**	**7.6**	**6.4**	**10.3**	**7.8**	**8.9**

*Número de vehículos registrados

Tabla 2.17. Parámetros Estadísticos del Peso, en Toneladas, para el Camión Doblemente Articulado de 9 Ejes (T3S2R4), por Día de la Semana (Cuerpo B)

PARÁMETRO	CAMIÓN ARTICULADO DE 9 EJES (T3S2R4)						
	DÍA DE LA SEMANA						
	DOM	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB
TAMAÑO*	148	169	219	223	255	240	182
PBV MÁXIMO	**66.5**	**66.5**	**66.5**	**66.5**	**66.5**	**66.5**	**66.5**
MEDIA	42.6	36.3	38.3	41.7	42.5	45.4	41.6
DE	14.5	15.2	17.3	17.8	17.2	16.7	17.4
MODA	45.5	36.0	15.4	40.3	39.0	44.5	37.6

MEDIANA	41.6	38.7	38.3	40.7	41.1	43.6	40.0
P_{MIN}	**11.7**	**7.8**	**7.0**	**8.6**	**8.5**	**8.0**	**10.3**
P_{MAX}	**74.8**	**74.0**	**83.6**	**75.5**	**83.1**	**78.0**	**77.6**
P15	28.1	16.8	18.5	18.8	22.6	26.8	22.1
P85	61.0	46.4	59.9	63.4	63.1	63.6	61.8
% EX	**3.4**	**2.4**	**5.9**	**8.1**	**9.4**	**11.3**	**9.3**

*Número de vehículos registrados

La Figura 2.15 muestra, en el lado izquierdo de las ordenadas, el percentil 85 de los pesos registrados para ambos cuerpos y, en el lado derecho, el porcentaje de vehículos que excede el PBV máximo permitido (66.5.0 t) para este tipo de vehículo.

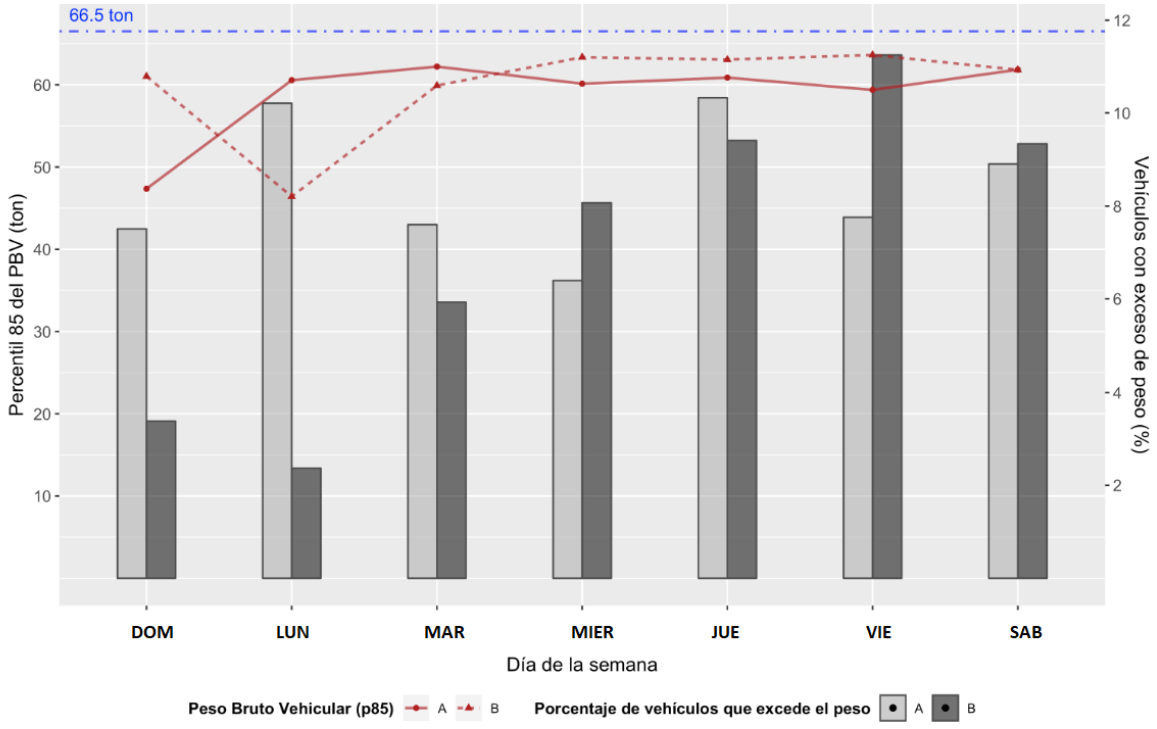

Figura 2.15. Percentil 85 del PBV para los Camiones Articulados de 9 Ejes (T3S2R4) y Porcentaje de Vehículos que Exceden el PBV Máximo Permitido, por Día de la Semana

De la información anterior destaca nuevamente que los valores mínimos anotados no se ajustan a la realidad del peso de un camión doblemente articulado de nueve ejes (T3S2R4) vacío (tara del vehículo); que los valores máximos registrados se encuentran por arriba de los PBV máximos permitidos para este tipo de vehículo (66.5 t), aunque congruentes; que esta configuración vehicular es la que presenta los mayores porcentajes de vehículos que exceden el PBV máximo permitido y

que los lunes y jueves son los días de la semana con el mayor porcentaje de excedidos en el cuerpo A con 10.2% y 10.3% respectivamente; mientras que en el cuerpo B son los viernes, jueves y sábados con 11.3, 9.4 y 9.3%, respectivamente.

3 Análisis de Velocidades

En relación con las velocidades, como ya mencionamos, existen tres criterios que restringen la velocidad máxima: primeramente está el límite de velocidad establecida en el tramo mediante el señalamiento; además, la velocidad máxima establecida para los vehículos de carga en la versión vigente de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2017, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal; y finalmente las velocidades que establece el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales.

Así tenemos que, el límite máximo señalizado en el sitio donde se ubican las estaciones de pesaje dinámico, para todos los vehículos, es de 110 km/h; mientras que el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales establece -para los autobuses- límites de 95 km/h durante el día y 80 km/h durante la noche, y para los camiones sencillos y articulados, 80 km/h durante el día y 70 km/h durante la noche, para cualquier tipo de carretera, mientras no exista un señalamiento que fije una velocidad máxima menor; y finalmente, el límite de velocidad que establece la norma de pesos y dimensiones a las configuraciones doblemente articuladas (TSR) -cuando circulan en caminos ET y A- el cual es de 80 km/h, e igual que en el Reglamento de Tránsito, siempre y cuando no exista un señalamiento con un límite menor.

En el presente análisis serán utilizadas como referencia las velocidades máximas permitidas de 95 km/h para los autobuses y 80 km/h para los camiones de carga.

La velocidad de punto de un vehículo cualquiera se define como la velocidad al momento de pasar por un determinado punto o sección transversal de una vía -en este caso el punto donde se encuentra la estación- y permite caracterizar este parámetro para un lugar específico, bajo condiciones prevalecientes como la geometría del camino, la intensidad y volúmenes del tránsito y las condiciones climatológicas en algunos casos.

Los parámetros por considerar en el presente análisis son descritos a continuación:

Velocidad ponderada o media aritmética: Es la suma de todas las velocidades dividida en el número de observaciones y representa la velocidad media temporal.

Desviación estándar: Debido a que no todos los vehículos viajan a la misma velocidad, existe una dispersión de sus velocidades alrededor de la media; la desviación estándar es una medida estadística de esta dispersión.

Moda: Es el valor que más se repite; o sea, la velocidad que presentaron la mayoría de vehículos al hacer el aforo.

Mediana: Es el valor de velocidad correspondiente al 50% de frecuencia acumulada; es decir, la velocidad máxima que adopta el 50% de los conductores, su valor es obtenido del histograma de frecuencias.

Velocidad mínima ($V_{mín}$): Se refiere a la mínima velocidad registrada por alguno de los vehículos que circulaban por el sitio donde fue realizado el levantamiento de datos.

Velocidad máxima ($V_{máx}$): Se refiere a la máxima velocidad registrada por alguno de los vehículos que circulaban por el sitio donde hicimos el levantamiento de datos.

Percentil 15 (P-15): Se refiere al límite inferior de la velocidad e indica la velocidad máxima a la que viajan el 15% de los vehículos.

Percentil 85 (P-85): Se refiere a la velocidad de operación del sitio en estudio e indica la celeridad máxima a la que viaja el 85% de los vehículos; es decir, el 85% de los conductores deciden viajar en ese rengo o a velocidades menores.

3.1 Parámetros Estadísticos Registrados

El análisis fue realizado por cuerpo y tipo de vehículo, para los datos de velocidad registrados por la estación durante los meses de enero y febrero de 2016. En la Tabla 3.1 presentamos los parámetros estadísticos de las velocidades registradas

en el cuerpo A durante ese lapso; mientras que la Tabla 3.2 presenta los parámetros estadísticos contabilizados para el cuerpo B.

Tabla 3.1. Parámetros Estadísticos de Velocidad, en km/h, por Tipo de Vehículo (Cuerpo A)

PARÁMETRO		TIPO DE VEHÍCULO						
		CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 13
		B2	C2	C3	T2-S2	T3S2	T3S3	T3S2R4
TAMAÑO*		16,587	11,910	12,203	1,593	10,121	2,918	3,035
LÍMITE MÁXIMO		**95**	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**
MEDIA		86.6	91.7	85.2	80.3	79.9	78.1	78.7
DE		12.9	22.4	15.5	15.3	15.5	16.1	16.0
MODA		90.0	90.0	90.0	75.0	84.0	86.0	90.0
MEDIANA		88.0	90.0	87.0	79.0	82.0	79.0	82.0
V_{MIN}		1.0	5.0	6.0	23.0	12.0	21.0	15.0
V_{MAX}		249.0	225.0	136.0	130.0	132.0	115.0	116.0
P15		74.0	70.0	70.0	66.0	63.0	61.0	62.0
P85		99.0	116.0	100.0	96.0	95.0	95.0	94.0
% EX	R**	**24.0**	**67.1**	**66.1**	**47.1**	**53.8**	**48.1**	**53.1**
	S***	1.9	20.2	3.3	3.1	0.9	0.6	**0.5**

*Número de vehículos registrados; ** Excedidos según Reglamento *** Excedidos según Señalamiento en el Tramo

Tabla 3.2. Parámetros Estadísticos de Velocidad, en km/h, por Tipo de Vehículo (Cuerpo B)

PARÁMETRO		TIPO DE VEHÍCULO						
		CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 13
		B2	C2	C3	T2-S2	T3S2	T3S3	T3S2R4
TAMAÑO*		15,082	11,049	8,333	1,025	4,796	3,243	1,436
LÍMITE MÁXIMO		**95**	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**	**80**
MEDIA		76.4	89.6	66.3	76.1	70.6	63.0	61.2
DESVIACION ESTÁNDAR		15.8	24.9	15.3	15.3	15.1	14.0	13.7
MODA		90.0	90.0	59.0	77.0	74.0	59.0	61.0
MEDIANA		76.0	89.0	65.0	75.0	70.0	62.0	60.0
V_{MIN}		20.0	4.0	11.0	32.0	11.0	20.0	10.0
V_{MAX}		133.0	249.0	148.0	136.0	123.0	116.0	105.0
P15		59.0	63.0	51.0	60.0	54.0	49.0	47.0
P85		94.0	116.0	83.0	92.0	88.0	78.0	75.0
% EX	R**	**12.0**	**63.0**	**18.4**	**32.8**	**27.7**	**12.1**	**9.5**
	S***	0.3	20.7	0.4	2.3	0.2	0.1	**0.0**

*Número de vehículos registrados; ** Excedidos según Reglamento *** Excedidos según Señalamiento en el Tramo

Por otra parte, la Figura 3.1 hace un resumen de los valores mostrados en las tablas anteriores; en esta figura mostramos el percentil 85 de las velocidades, para ambos cuerpos de la autopista, por tipo de vehículo (lado izquierdo de las ordenadas) y el porcentaje de vehículos que excede el límite máximo permitido por el Reglamento de Tránsito (lado derecho de las ordenadas); así mismo, la figura muestra también el límite máximo permitido por el señalamiento en el tramo (110 km/h) y el límite establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales (80 km/h).

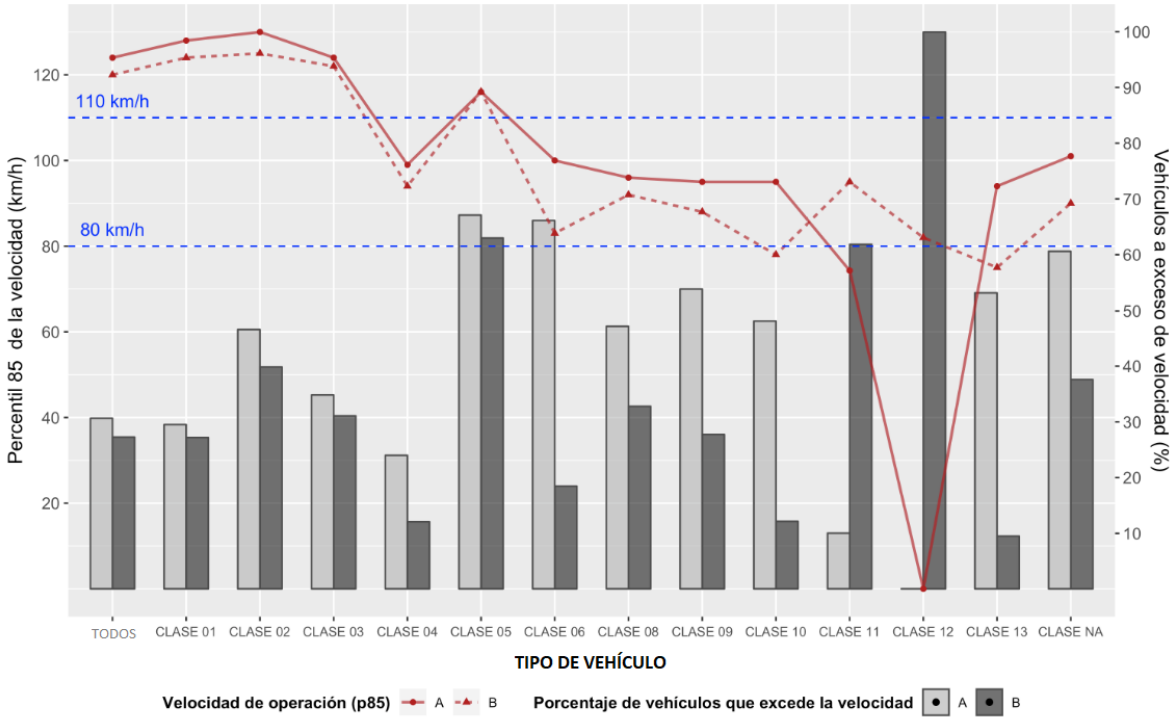

Figura 3.1. Percentil 85 de la velocidad, por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo Permitido

De las tablas y la figura anterior, se desprende que conviven en el sitio vehículos que circulan muy lentamente con vehículos que circulan a velocidades demasiado elevadas. La velocidad mínima registrada para un vehículo de carga fue de 1 km/h y valores de este parámetro para la mayoría de las clases de vehículos por debajo de los 10 km/h; mientras que la velocidad máxima registrada fue 249 km/h para un autobús en el cuerpo A y un camión sencillo de 2 ejes en el cuerpo B. Destaca que, en general, las velocidades máximas registrados por tipo de vehículo fueron demasiado elevadas, lo que hace dudar de la adecuada calibración del sistema;

incluso por las velocidades mínimas registradas, las cuales también son demasiado bajas.

Por otra parte, en la Figura 3.1 observamos también que existen muy altos porcentajes de vehículos que exceden el límite máximo de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito; por ejemplo, en el cuerpo A, en ligero descenso, el percentil 85 de las velocidades por tipo de vehículo se encuentran casi siempre por arriba de los 80 km/h, límite máximo establecido en el Reglamento de Tránsito y la NOM-012-SCT-2-2017 para los camiones de carga que circulan en carreteras; y los porcentajes de vehículos que exceden dicho límite se encuentran, casi todos, por arriba del 50%, excepto los autobuses que registran un 24% de vehículos que exceden el límite máximo de 95 km/h establecido para ellos. Como podemos observar en las tablas 3.1 y 3.2, parecería que los vehículos de carga y pasajeros se ajustan más al límite de velocidad establecido en el señalamiento para ese sitio 110 km/h, con porcentajes de vehículos excedidos muy cercanos a 0%; excepto para los camiones sencillos de 2 ejes, los cueles presentan, en ambos sentidos, porcentajes arriba del 20% de vehículos que exceden ese límite.

A continuación, presentamos un análisis de las velocidades registradas por tipo de vehículo y hora del día, y tipo de vehículo y día de la semana.

3.1.1 Vehículos Clase 4 o Autobuses (B2 y B3)

Como ya mencionamos, el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales limita la velocidad de los autobuses a 95 km/h. Para este tipo de vehículo, en la Tabla 3.1 vemos que en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, se registraron 16,587 autobuses en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales en promedio viajaban a una velocidad de 86.6 km/h; también fueron registradas velocidades mínimas de 1 km/h y máximas de 249 km/h. La mediana de las velocidades registradas resultó en 88 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue de 74 km/h, el percentil 85 fue de 99 km/h, valor por arriba del límite máximo permitido a este tipo de vehículos de pasajeros y 24% de los autobuses registrados excedieron el límite máximo según el Reglamento de Tránsito y casi todos ellos se ajustaron más al límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h); solo un 1.9% de autobuses excedieron también este valor máximo.

La Tabla 3.2 muestra que el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, registró la velocidad de 15,082 autobuses, los cuales viajaban a una velocidad promedio de 76.4 km/h, valor que resulta 10.2 km/h menor que el promedio anotado en el cuerpo A, lo cual puede tener su origen en que en el cuerpo B -sentido hacia la Ciudad de México- los vehículos viajan con una pequeña pendiente en ascenso de 1.3%, mientras que en el sentido hacia Tuxpan es una pendiente descendente de 1.1%. En el cuerpo B, la velocidad mínima registrada fue de 20 km/h y la máxima de 133 km/h, la mediana de las velocidades registradas resultó en 76.0 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue 59 km/h, el percentil 85 fue 94 km/h y 12.0% de autobuses excedieron el límite máximo permitido en el Reglamento de Tránsito, 50% menos que en el cuerpo A, y prácticamente todos dentro de límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

3.1.1.1 Velocidades por Hora del Día

En la Figura 3.2 presentamos el percentil 85 de las velocidades registradas por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los autobuses en el Reglamento de Tránsito; tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el valor de dicho límite máximo (línea azul discontinua).

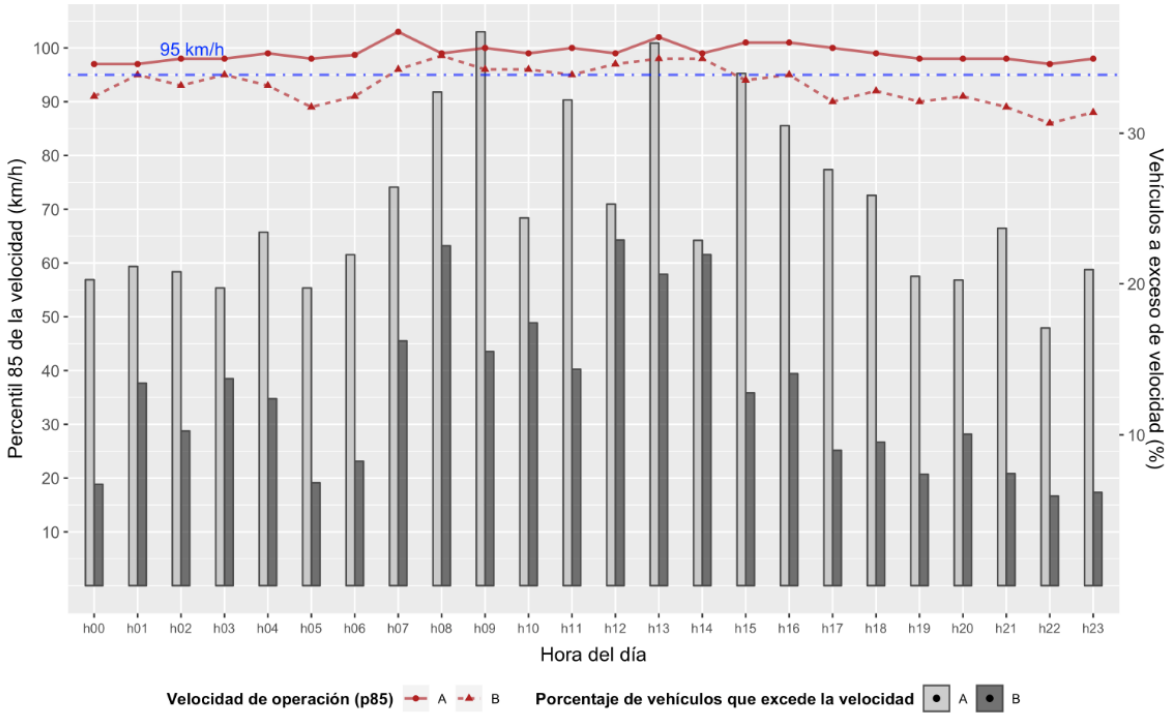

Figura 3.2. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Autobuses)

En esta figura podemos apreciar que para el cuerpo A, el percentil 85 de la velocidad se encuentra -a todas horas- por arriba el límite máximo permitido, con valores máximos a las 7:00 horas que alcanza un valor de 103 km/h y a las 13:00 horas de 102 km/h y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante todo el día de 99 km/h. Para el cuerpo B, el cual registró velocidades más bajas, el percentil 85 de la velocidad la mayor parte del día se ubica por abajo del límite máximo permitido con valores máximos a las 8:00 horas (98.5 km/h) y a las 13:00 y 14:00 horas (98 km/h), y un promedio del percentil 85 de las velocidades durante todo el día de 93.1 km/h, valor menor en 5.9 km/h que el registrado en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por hora del día, la Figura 3.2 muestra también que a lo largo del día existe un porcentaje de vehículos bastante significativo que excede el límite de velocidad, es en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso, donde aparecieron los porcentajes más elevados con valores que alcanzan el 33% a las 15:00 horas; en promedio, en el cuerpo A el porcentaje de autobuses que excede el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículos, establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, durante todo el día, fue de 25.1%. En el cuerpo B, el

porcentaje más alto de autobuses que exceden el límite de velocidad máximo permitido es a las 12:00 horas con un valor cercano al 22.9%; en promedio, el porcentaje de autobuses que exceden el límite de velocidad durante todo el día en el cuerpo B fue de 12.7%, significativamente menor que el porcentaje de autobuses que exceden el límite en el cuerpo A.

3.1.1.2 Velocidades por Día de la Semana

En la Figura 3.3 presentamos el percentil 85 de las velocidades registradas por día de la semana y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los autobuses, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

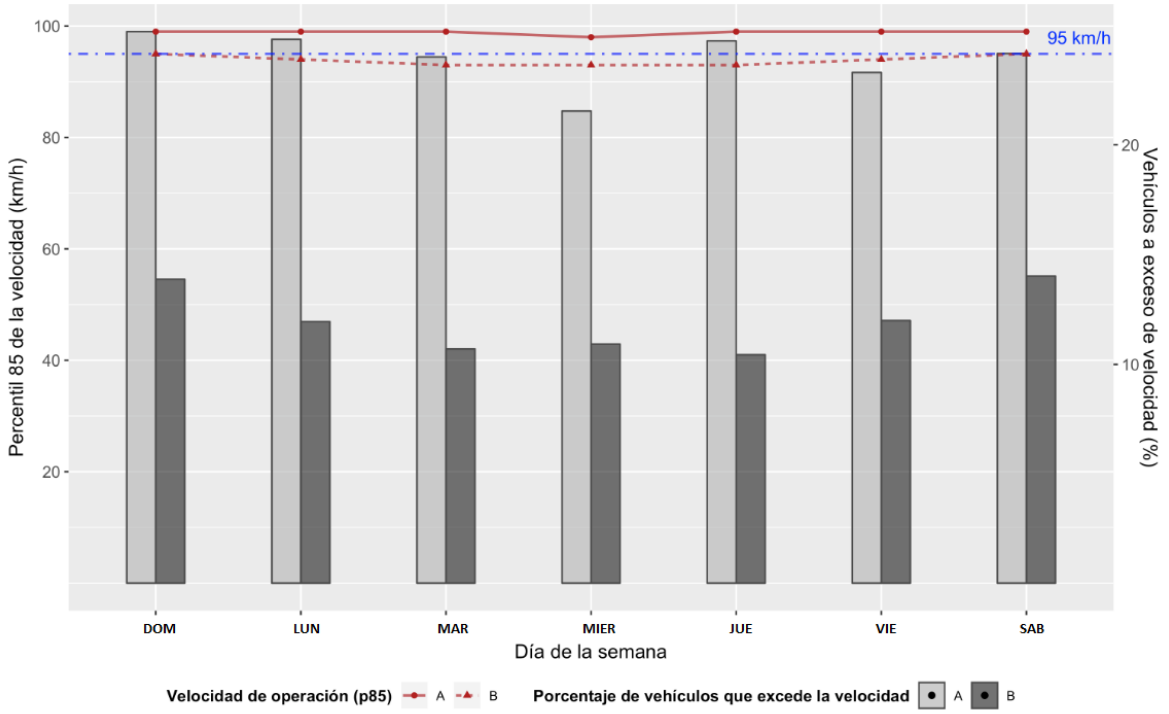

Figura 3.3. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Autobuses)

En esta figura, al igual que en el análisis realizado por hora del día, apreciamos nuevamente que para el cuerpo A el percentil 85 de la velocidad se encuentra, todos los días de la semana, por arriba del límite máximo permitido, con un valor de 99 km/h todos los días, excepto los miércoles (98 km/h); el promedio del

percentil 85 de la velocidad durante la semana en el cuerpo A fue de 98.85 km/h. Para el cuerpo B, el cual registra también velocidades más bajas -durante la semana- que el cuerpo A, el percentil 85 de la velocidad se ubica por abajo o igual que el límite máximo permitido, con valores que van de 93 km/h a 95 km/h; el promedio del percentil 85 de las velocidades durante la semana para el cuerpo B fue de 93.85 km/h, 5 km/h menor que el promedio hallado en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por día de la semana, la Figura 3.3 muestra que existe también un porcentaje de vehículos bastante significativo que excede el límite de velocidad todos los días de la semana, el domingo es el día que registra el mayor porcentaje de excedidos, tanto para el cuerpo A como el cuerpo B, con valores de 25.15% y 13.8% respectivamente; en el cuerpo A anotamos un promedio de autobuses que exceden el límite máximo de velocidad permitido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, durante los días de la semana, del 23.9%, mientras que el cuerpo B registró un promedio de 11.9%, significativamente menor que el registrado en el cuerpo A.

3.1.2 Vehículos Clase 5 o Camiones Sencillos de 2 Ejes (C2)

En este caso, la velocidad máxima permitida según el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, es de 80 km/h. Para este tipo de vehículo, en la Tabla 3.1 se observa que en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, fueron registrados 11,910 camiones sencillos de dos ejes (C2) en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales viajaban a una velocidad media de 91.7 km/h, valor por arriba del límite máximo permitido; también hallamos en este cuerpo velocidades mínimas de 5 km/h para este tipo de vehículos y máximas de 225 km/h. La mediana de las velocidades registradas resultó en 90 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue de 70 km/h, el percentil 85 fue de 116 km/h y 67.1% de los vehículos contabilizados excedieron el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículo según el Reglamento de Tránsito e incluso un 20.2% de los camiones de dos ejes excedieron el límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

La Tabla 3.2 muestra que en el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, fueron registrados 11,049 camiones sencillos de dos ejes (C2), los cuales viajaban

a una velocidad media de 89.6 km/h, muy similar a la velocidad media del cuerpo A. En este cuerpo, la velocidad mínima que presentaron los camiones sencillos de dos ejes fue de 4 km/h y la máxima de 249 km/h, la mediana de las velocidades registradas resultó en 89 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue 63 km/h, el percentil 85 fue 116 km/h, valor muy superior al límite máximo permitido para este tipo de vehículos, y 63% excedieron el límite máximo permitido en el Reglamento, grado prácticamente igual al porcentaje de excedidos en el cuerpo A, e incluso, 20.7% de los camiones sencillos de dos ejes excedieron también el límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

3.1.2.1 Velocidades por Hora del Día

La Figura 3.4 presenta el percentil 85 de las velocidades registradas por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones de dos ejes (C2), tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

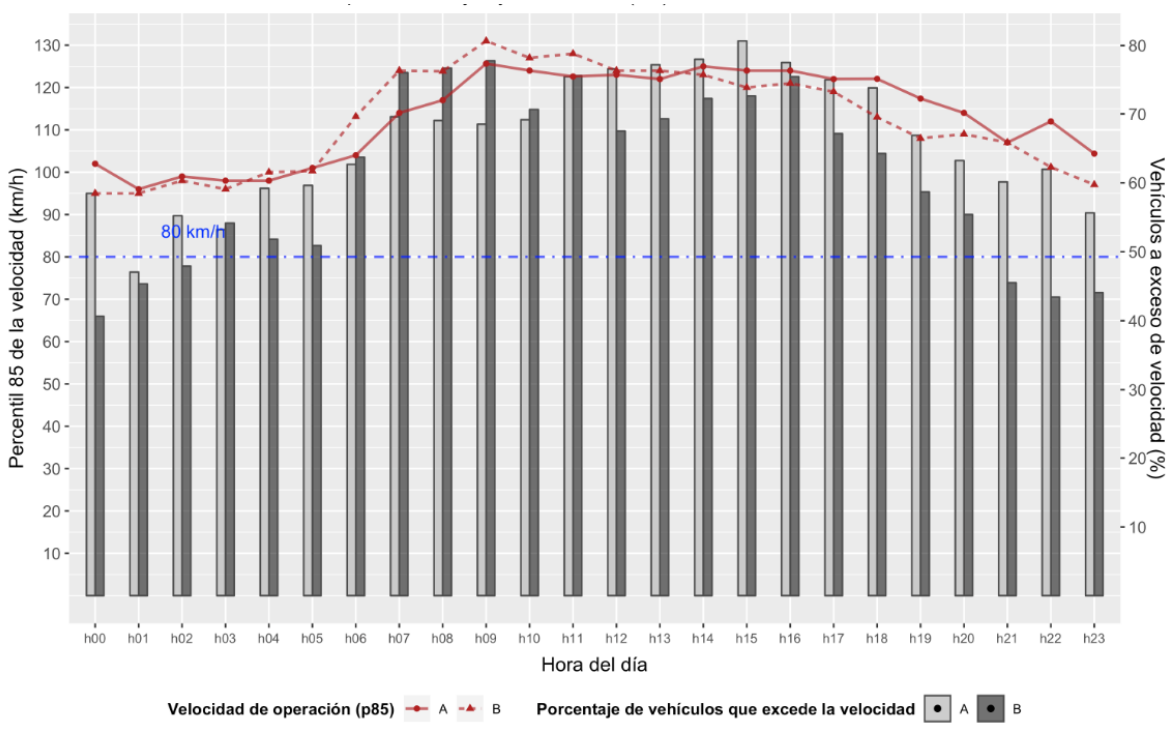

Figura 3.4. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Camiones Sencillos de 2 Ejes)

En esta figura podemos apreciar que para el cuerpo A, el percentil 85 de la velocidad se encuentra -a todas horas del día- muy por arriba del límite máximo permitido (80 km/h), con valores máximos en las horas diurnas que alcanzan valores de 125.6 km/h a las 9:00 horas y con un promedio del percentil 85 durante todo el día de 113 km/h; para el cuerpo B, el percentil 85 de la velocidad la mayor parte del día también se ubica muy por arriba del límite máximo permitido y durante el día, de 6:00 a 13:00 horas, por arriba del percentil 85 registrados en el cuerpo A, en descenso. En promedio, el percentil 85 de las velocidades del cuerpo B durante todo el día fue 112.4 km/h, muy similar al promedio durante el día registrado en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por hora del día, en la Figura 3.4 apreciamos también que a lo largo del día existe un porcentaje de vehículos de este tipo, bastante significativo, que excede el límite de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales; normalmente el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso, es donde tenemos los porcentajes más elevados de vehículos excedidos, con valores que alcanzan el 80.5% a las 15:00 horas. En promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de camiones sencillos de dos ejes que excede el límite máximo de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, durante todo el día fue 66.4%; mientras que, en el cuerpo B, el porcentaje más alto fue a las 9:00 horas con 77.7%. En promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante todo el día, en el cuerpo B, fue 66.1%; prácticamente el mismo porcentaje de vehículos C2 que exceden el límite en el cuerpo A.

3.1.2.2 Velocidades por Día de la Semana

La Figura 3.5 presenta el percentil 85 de las velocidades registradas por día de la semana y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones sencillos de dos ejes, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

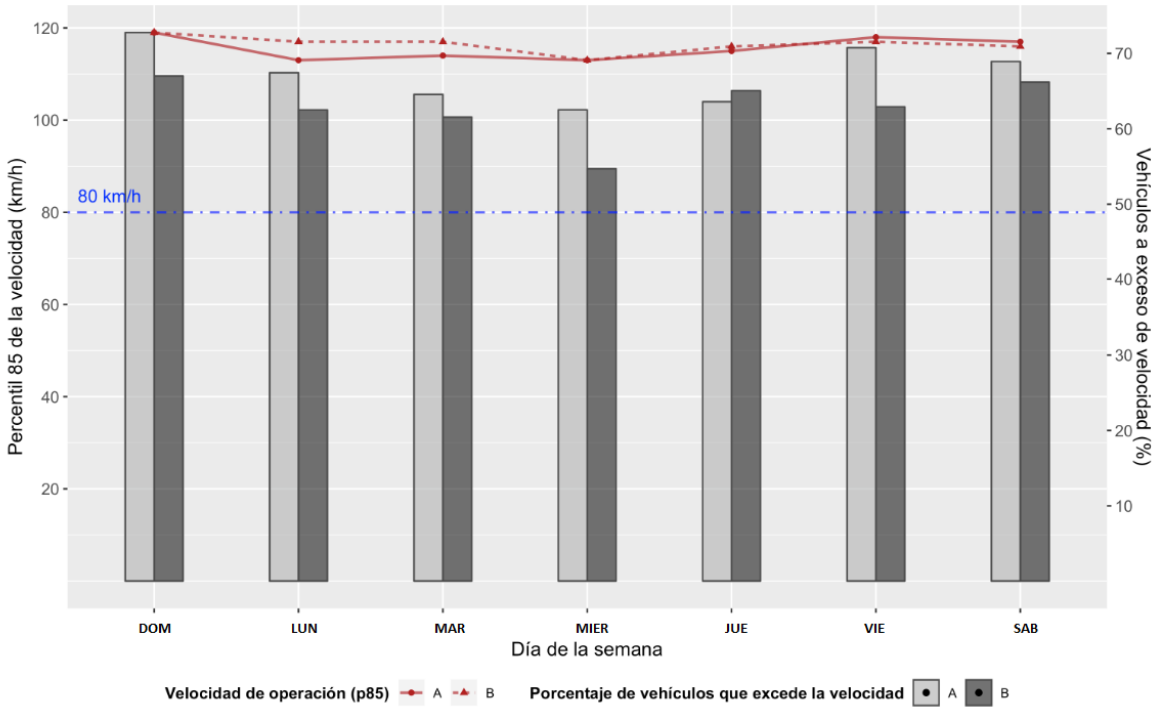

Figura 3.5. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Sencillos de 2 Ejes)

En esta figura, al igual que en el análisis por hora del día de la sección anterior, apreciamos nuevamente que para el cuerpo A el percentil 85 de la velocidad está, todos los días de la semana, por arriba del límite máximo permitido, con el valor de 119 km/h -los domingos- y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante el resto la semana de 115.6 km/h, valor muy por arriba del límite máximo permitido (80 km/h); para el cuerpo B, los percentiles 85 de la velocidad son muy similares a los del cuerpo A -excepto lo lunes y martes que se ubican por arriba-, y presenta valores que van de 113 km/h a 119 km/h y un promedio del percentil 85 de las velocidades durante la semana de 116.4 km/h, similar al promedio en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por día de la semana, la Figura 3.5 muestra que diariamente existe un porcentaje de vehículos muy elevado que excede dicho límite, el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso, es donde apreciamos los porcentajes más elevados con valores que alcanzan el 72% de vehículos los días domingo; en promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de camiones sencillos de dos ejes que excede el límite

máximo de velocidad para este tipo de vehículos, establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, durante la semana, fue de 67.2%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones sencillos de dos ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido fue de 67%, los domingos; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante la semana en el cuerpo B fue de 62.8%, ligeramente menor que el porcentaje de camiones sencillos de dos ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A.

3.1.3 Vehículos Clase 6 o Camiones Sencillos de 3 Ejes (C3)

En este caso, la velocidad máxima permitida según el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, es de 80 km/h. Para este tipo de vehículo, en la Tabla 3.1 observamos que el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, registró 12,203 camiones sencillos de tres (C3) en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales viajaban a una velocidad media de 85.2 km/h, valor ligeramente arriba del límite máximo permitido; también se registraron en este cuerpo velocidades mínimas de 6 km/h para este tipo de vehículos y máximas de 136 km/h. La mediana de las velocidades registradas resultó en 87 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue de 70 km/h, el percentil 85 resultó en 100 km/h y 66.1% de los vehículos registrados excedieron el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículo según el Reglamento de Tránsito y solo el 3.3% excedieron el límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

La Tabla 3.2 muestra que en el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, circularon 8,333 camiones sencillos de tres ejes (C3), los cuales viajaban a una velocidad media de 66.3 km/h; valor significativamente menor a la velocidad media registrada en el cuerpo A. En este cuerpo la velocidad mínima registrada de los camiones sencillos de tres ejes fue de 11 km/h y la máxima de 148 km/h, la mediana de las velocidades anotadas resultó en 65 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue 51 km/h, el percentil 85 fue 83 km/h, valor ligeramente superior al límite máximo permitido para este tipo de vehículos, y en este caso solo el 18% excedieron el límite máximo permitido en el Reglamento, dato significativamente menor al porcentaje de excedidos en el cuerpo A (66.1%), y en este cuerpo, prácticamente la totalidad de los camiones sencillos de tres ejes se ajustaron al límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

3.1.3.1 Velocidades por Hora del Día

La Figura 3.6 presenta el percentil 85 de las velocidades registradas por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones sencillos de tres ejes (C3), tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

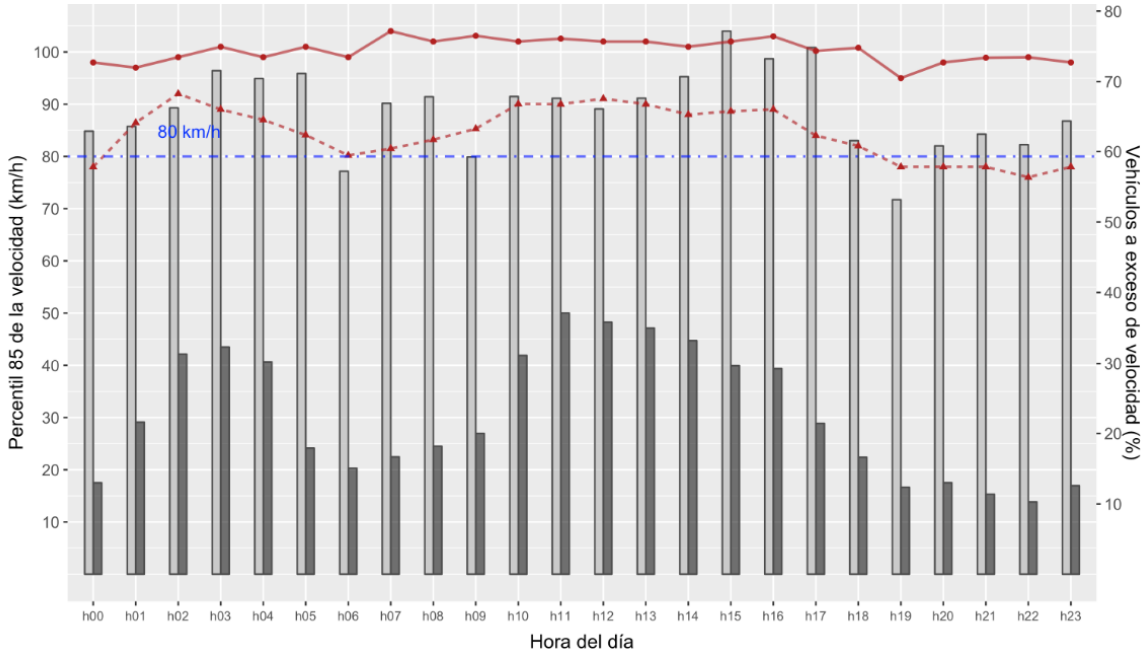

Figura 3.6. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Camiones Sencillos de 3 Ejes)

En esta figura apreciamos que para el cuerpo A, el percentil 85 de la velocidad se encuentra, a todas horas del día, muy por arriba del límite máximo permitido (80 km/h), con valores ligeramente más elevados en las horas diurnas que alcanza un valor máximo de 104 km/h a las 7:00 horas y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante todo el día de 100.3 km/h; para el cuerpo B, el percentil 85 de las velocidades durante la mayor parte del día, también se ubica por arriba del límite máximo permitido, pero valores significativamente menores que los encontrados en el cuerpo A. El valor más alto del percentil 85 de las velocidades registradas en el cuerpo B se localizó a las 02:00 horas con un valor de 92 km/h y en promedio, el percentil 85 de las velocidades del cuerpo B durante todo el día

fue 84.5 km/h, 15.8 km/h más bajo que el promedio registrado durante el día en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por hora del día, la Figura 3.6 señala que, a lo largo del día, en el cuerpo A, existe un porcentaje muy elevado de vehículos que exceden el límite máximo que establece el Reglamento de Tránsito, significativamente mayor al porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad en el cuerpo B, con valores que alcanzan el 77.1% a las 15:00 horas; en promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de camiones sencillos de tres ejes que excede el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículos, establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, durante todo el día fue 66%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones sencillos de tres ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido fue registrado a las 11:00 horas con 37.1%; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante todo el día en el cuerpo B fue 22.7%, significativamente menor al porcentaje de camiones sencillos de tres ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A.

3.1.3.2 Velocidades por Día de la Semana

La Figura 3.7 presenta el percentil 85 de las velocidades registradas por día de la semana y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones sencillos de tres ejes, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

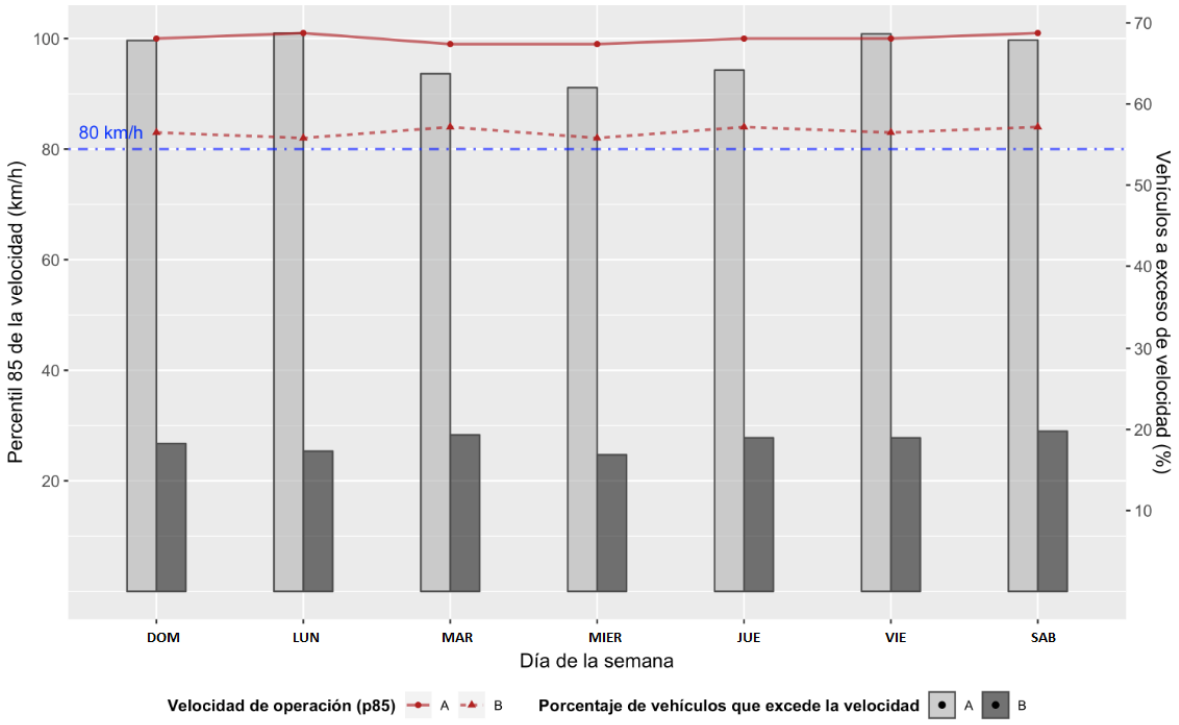

Figura 3.7. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Sencillos de 3 Ejes)

En esta figura, al igual que en el análisis por hora del día de la sección anterior, apreciamos nuevamente que para el cuerpo A el percentil 85 de la velocidad se encuentra, todos los días de la semana, muy por arriba del límite máximo permitido (80 km/h), con el valor más alto los viernes, el cual fue de 101 km/h y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante la semana de 100 km/h, valor muy por arriba del límite máximo permitido; para el cuerpo B, los percentiles 85 de la velocidad son significativamente menores a los del cuerpo A y muy cercanos al límite máximo permitido, aunque ligeramente arriba todos los días de la semana, y presenta valores que van de los 82 km/h a 84 km/h, con un promedio del percentil 85 de las velocidades durante la semana de 83.1 km/h, valor significativamente menor al promedio registrado en el cuerpo A (100 km/h).

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por día de la semana, en la Figura 3.7 se muestra también que diariamente un porcentaje de vehículos muy elevado excede el límite máximo permitido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso, es donde encontramos los porcentajes más elevados con valores que

alcanzan el 68.7%, los viernes; en promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de camiones sencillos de tres ejes que excede el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículos, establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, durante la semana, fue de 66.1%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones sencillos de tres ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido fue 19.7% los sábados; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante la semana en el cuerpo B fue 18.4.8%, significativamente menor que el porcentaje de camiones sencillos de tres ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A (66.1%).

3.1.4 Vehículos Clase 8 o Camiones Articulados de 4 Ejes (T2S2)

En este caso, la velocidad máxima permitida según el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, es de 80 km/h. Para este tipo de vehículo, en la Tabla 3.1 observamos que en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, encontramos 1,593 camiones articulados de cuatro ejes (T2S2) en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales viajaban a una velocidad media de 80.3 km/h, valor prácticamente igual al límite máximo permitido; también registramos en este cuerpo velocidades mínimas de 23 km/h para este tipo de vehículos y máximas de 130 km/h. La mediana de las velocidades resultó en 79 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue de 66 km/h, el percentil 85 resulto en 96 km/h y 47.1% de los vehículos registrados excedieron el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículo según el Reglamento de Tránsito, y solo el 3.1% excedieron el límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

La Tabla 3.2 muestra que en el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, circularon 1,025 camiones articulados de cuatro ejes (T2S2), los cuales viajaban a una velocidad media de 76.1 km/h, valor ligeramente menor a la velocidad media registrada en el cuerpo A. En este cuerpo la velocidad mínima registrada de los camiones articulados de cuatro ejes fue de 32 km/h y la máxima de 136 km/h, la mediana de las velocidades registradas resultó en 75 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue 60 km/h, el percentil 85 fue 92 km/h, valor significativamente superior al límite máximo permitido para este tipo de vehículos, y en este caso el 32.8% excedieron el límite máximo permitido en el Reglamento, valor menor al porcentaje de excedidos en el cuerpo A (47.1%), y en este cuerpo, prácticamente

la totalidad de los camiones articulados de cuatro ejes se ajustaron al límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

3.1.4.1 Velocidades por Hora del Día

En la Figura 3.8 presentamos el percentil 85 de las velocidades registradas por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones articulados de cuatro ejes (T2S2), tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

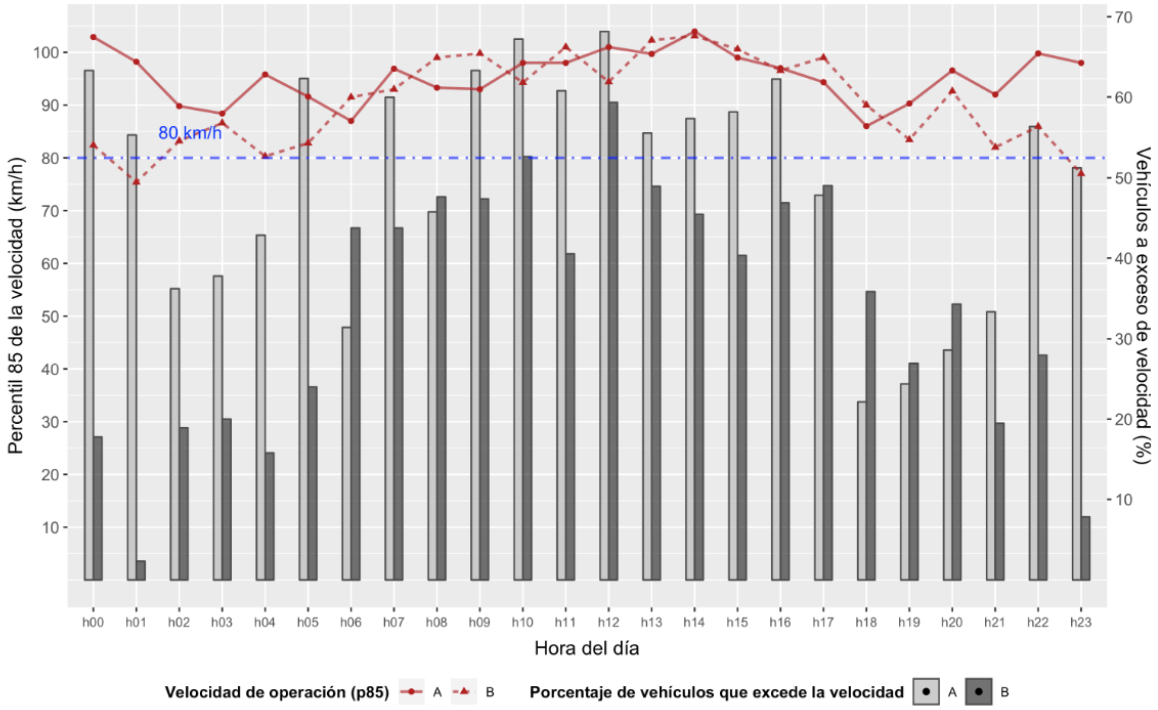

Figura 3.8. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Camiones Articulados de 4 Ejes)

En esta figura apreciamos que para el cuerpo A, el percentil 85 de la velocidad está, a todas horas del día, por arriba del límite máximo permitido (80 km/h), con los valores más altos localizados a las 14 horas (103.9 km/h) y a las 00:00 horas (102.9 km/h) y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante todo el día de 95.4; para el cuerpo B, el percentil 85 de las velocidades también se mantiene la mayor parte del día por arriba del límite máximo permitido, excepto a las 01:00 y

23:00 horas. El valor más alto del percentil 85 de las velocidades registradas en el cuerpo B se localizó a las 14:00 horas con un valor de 103.1 km/h y en promedio, el percentil 85 de las velocidades del cuerpo B durante todo el día fue 90.6 km/h, ligeramente más bajo que el promedio registrado durante el día en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por hora del día, en la Figura 3.8 apreciamos que, a lo largo del día, en el cuerpo A existe un porcentaje de vehículos que exceden el límite máximo que establece el Reglamento de Tránsito significativamente mayor al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad en el cuerpo B, con valores que alcanzan el 68.2% a las 12:00 horas; en promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de camiones articulados de cuatro ejes que excede el límite máximo de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales para este tipo de vehículos, durante todo el día, fue 49.6%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones articulados de cuatro ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido fue también a las 12:00 horas con 59.3%; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante todo el día en el cuerpo B fue 34%, significativamente menor al porcentaje de camiones articulados de cuatro ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A.

3.1.4.2 Velocidades por Día de la Semana

En la Figura 3.9 presentamos el percentil 85 de las velocidades registradas por día de la semana y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones articulados de cuatro ejes, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

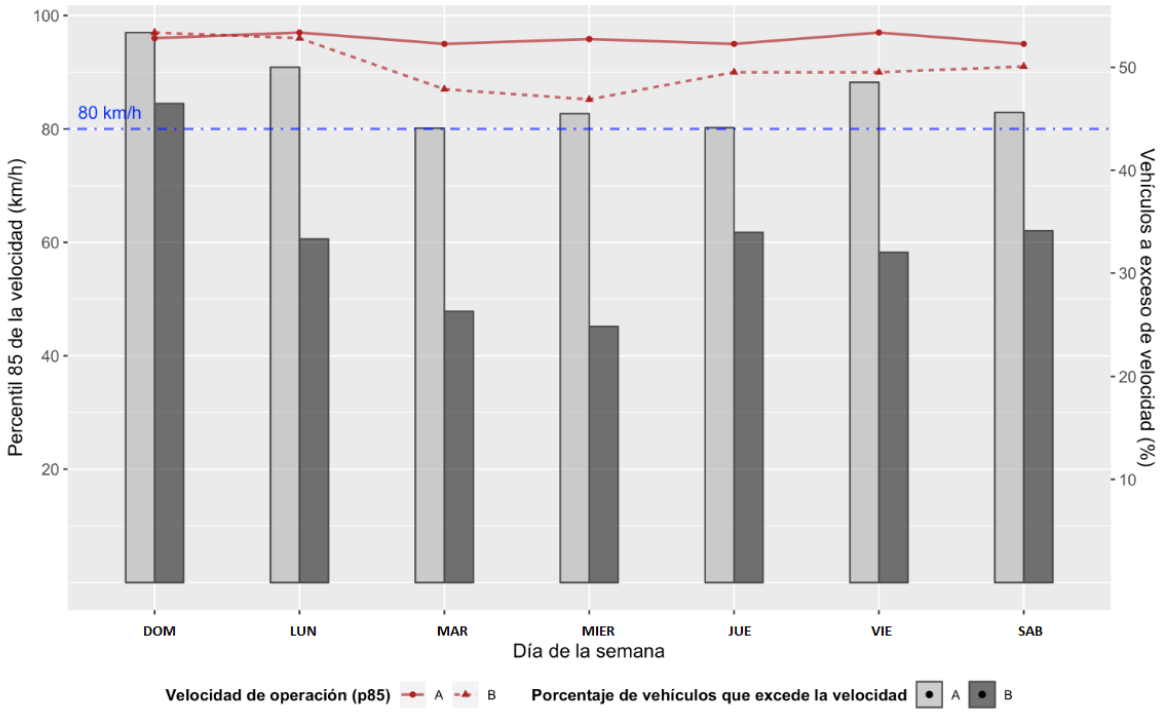

Figura 3.9. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Articulados de 4 Ejes)

En esta figura, al igual que en el análisis por hora del día de la sección anterior, vemos nuevamente que para el cuerpo A el percentil 85 de la velocidad se encuentra, todos los días de la semana, muy por arriba del límite máximo permitido (80 km/h), con el valor más alto los lunes; el cual fue de 97 km/h y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante la semana de 95.8 km/h, valor por arriba del límite máximo permitido; para el cuerpo B, los percentiles 85 de la velocidad son ligeramente menores que los del cuerpo A, más cercanos al límite máximo permitido, con valores que van de los 85.2 km/h a los 97 km/h, con un promedio del percentil 85 de las velocidades durante la semana de 90.8 km/h, valor menor al promedio registrado en el cuerpo A (97 km/h).

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por día de la semana, la Figura 3.9 muestra diariamente que existe un porcentaje de vehículos elevado que excede el límite máximo permitido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso, registró los porcentajes más altos, con valores que alcanzan el 53.3%, los domingos; en promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de camiones articulados

de cuatro ejes que excede el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículos, establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, durante la semana, fue de 47.3%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones articulados de cuatro ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido fue 46.4%, también los domingos; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante la semana en el cuerpo B fue 33%, significativamente menor que el porcentaje de camiones articulados de cuatro ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A (47.3%).

3.1.5 Vehículos Clase 9 o Camiones Articulados de 5 Ejes (T3S2)

En este caso, la velocidad máxima permitida según el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, es de 80 km/h. Para este tipo de vehículo, en la Tabla 3.1 observamos que en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, se registraron 10,121 camiones articulados de cinco ejes (T3S2) en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales viajaban a una velocidad media de 79.9 km/h, valor prácticamente igual al límite máximo permitido; también hubo en este cuerpo velocidades mínimas de 12 km/h para este tipo de vehículos y máximas de 132 km/h. La mediana de las velocidades registradas resultó en 82 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue de 63 km/h, el percentil 85 resultó en 95 km/h y 53.8% de los vehículos registrados excedieron el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículo según el Reglamento de Tránsito y tan solo el 0.9% excedieron el límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

La Tabla 3.2 muestra que en el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, anotamos 4,796 camiones articulados de cinco ejes (T3S2), los cuales viajaban a una velocidad media de 70.6 km/h, valor ligeramente menor a la velocidad media registrada en el cuerpo A. En este cuerpo, la velocidad mínima registrada de los camiones articulados de cinco ejes fue de 11 km/h y la máxima de 123 km/h, la mediana de las velocidades registradas resultó en 70 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue 54 km/h, el percentil 85 fue 88 km/h, valor ligeramente superior al límite máximo permitido para este tipo de vehículos; y en este caso el 27.7% excedieron el límite máximo permitido en el Reglamento, valor menor al porcentaje de excedidos en el cuerpo A (32.8%), y en este cuerpo, prácticamente la totalidad

de los camiones articulados de cinco ejes se ajustaron al límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

3.1.5.1 Velocidades por Hora del Día

La Figura 3.10 presenta el percentil 85 de las velocidades registradas por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones articulados de cinco ejes (T3S2), tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

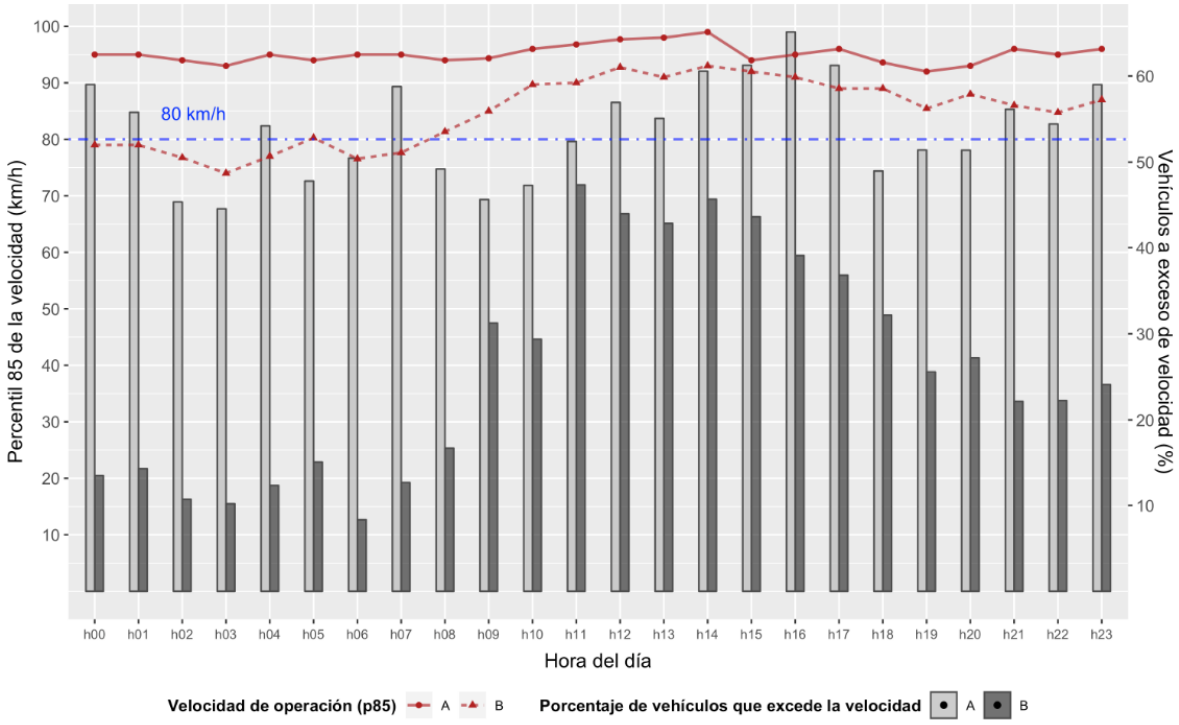

Figura 3.10. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Camiones Articulados de 5 Ejes)

En esta figura apreciamos que, para el cuerpo A, el percentil 85 de la velocidad se encuentra -a todas horas del día- muy por arriba del límite máximo permitido (80 km/h), con los valores más altos localizados a las 14 horas (99 km/h) y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante todo el día de 95.1 km/h; para el cuerpo B, el percentil 85 de las velocidades también permanece la mayor parte del día por arriba del límite máximo permitido, excepto en el lapso comprendido entre

las 12:00 y 7:00 horas. El valor más alto del percentil 85 de las velocidades registradas en el cuerpo B se localizó a las 14:00 horas con un valor de 93 km/h y en promedio el percentil 85 de las velocidades del cuerpo B durante todo el día fue 84.8 km/h, valor 10.3 km/h más bajo que el promedio registrado durante el día en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por hora del día, en la Figura 3.10 apreciamos que, a todas horas, en el cuerpo A existe un porcentaje de vehículos que exceden el límite máximo que establece el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, significativamente mayor a los porcentajes de vehículos que exceden el límite de velocidad en el cuerpo B, con valores que alcanzan el 65.1% a las 16:00 horas; en promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de camiones articulados de cinco ejes que exceden el límite máximo de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales para este tipo de vehículos, durante todo el día, fue 53.8%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones articulados de cinco ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido fue a las 11:00 horas con 47.3%; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante todo el día en el cuerpo B fue 26.1%, significativamente menor al porcentaje de camiones articulados de cinco ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A.

3.1.5.2 Velocidades por Día de la Semana

En la Figura 3.11 presentamos el percentil 85 de las velocidades registradas por día de la semana y el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad máximo permitido para los camiones articulados de cinco ejes, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

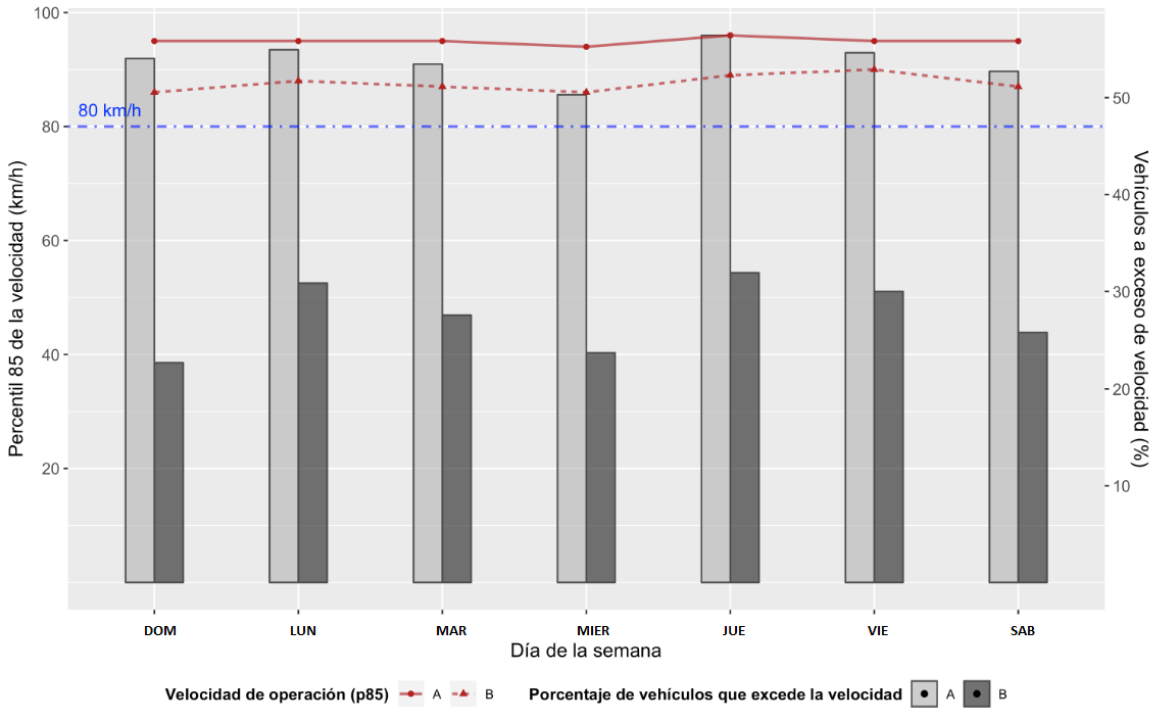

Figura 3.11. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Articulados de 5 Ejes)

En esta figura, al igual que en el análisis por hora del día de la sección anterior, apreciamos nuevamente que para el cuerpo A el percentil 85 de la velocidad se encuentra, todos los días de la semana, muy por arriba del límite máximo permitido (80 km/h), con el tope más alto los jueves, el cual fue de 96 km/h y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante la semana de 95 km/h, valor por arriba del límite máximo permitido; para el cuerpo B, los percentiles 85 de la velocidad son ligeramente menores que los del cuerpo A, más cercanos al límite máximo permitido, con valores que van de los 86 km/h a los 90 km/h, con un promedio del percentil 85 de las velocidades durante la semana de 85 km/h, valor 10 km/h menor al promedio registrado en el cuerpo A (95 km/h).

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por día de la semana, la Figura 3.11 muestra que diariamente existe un porcentaje de vehículos alto que excede el límite de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso donde, es donde apreciamos los porcentajes más altos, con valores que alcanzan el 56.4% los jueves; en promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de

camiones articulados de cinco ejes que excede el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículos, establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, durante la semana, fue de 53.8%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones articulados de cinco ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido fue 31.9%, también los jueves; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante la semana en el cuerpo B fue 27.5%, significativamente menor que el porcentaje de camiones articulados de cinco ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A (56.4%).

3.1.6 Vehículos Clase 10 o Camiones Articulados de 6 Ejes (T3S3)

En este caso, la velocidad máxima permitida según el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, es de 80 km/h. Para este tipo de vehículo, en la Tabla 3.1 se observa que en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, se registraron 2,918 camiones articulados de seis ejes (T3S3) en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales viajaban a una velocidad media de 78.1 km/h, valor ligeramente menor al límite máximo permitido; también encontramos en este cuerpo velocidades mínimas de 21 km/h para este tipo de vehículos y máximas de 115 km/h. La mediana de las velocidades registradas resultó en 79 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue de 61 km/h, el percentil 85 resultó en 95 km/h y 48.1% de los vehículos registrados excedieron el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículo según el Reglamento de Tránsito y tan solo el 0.6% circularon excediendo el límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

La Tabla 3.2 muestra que en el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, circularon 3,243 camiones articulados de seis ejes (T3S3), los cuales viajaban a una velocidad media de 63 km/h, valor significativamente menor a la velocidad media registrada en el cuerpo A. En este cuerpo, la velocidad mínima registrada de los camiones articulados de seis ejes fue de 20 km/h y la máxima de 116 km/h, la mediana de las velocidades registradas resultó en 62 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue 49 km/h, el percentil 85 fue 78 km/h, valor ligeramente menor al límite máximo permitido para este tipo de vehículos, y en este caso solo el 12.1% excedieron el límite máximo permitido en el Reglamento, valor mucho menor al porcentaje de excedidos en el cuerpo A (48.1%), y en este cuerpo, prácticamente

la totalidad de los camiones articulados de seis ejes se ajustaron al límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

3.1.6.1 Velocidades por Hora del Día

En la Figura 3.12 aparece el percentil 85 de las velocidades registradas por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones articulados de seis ejes (T3S3), tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

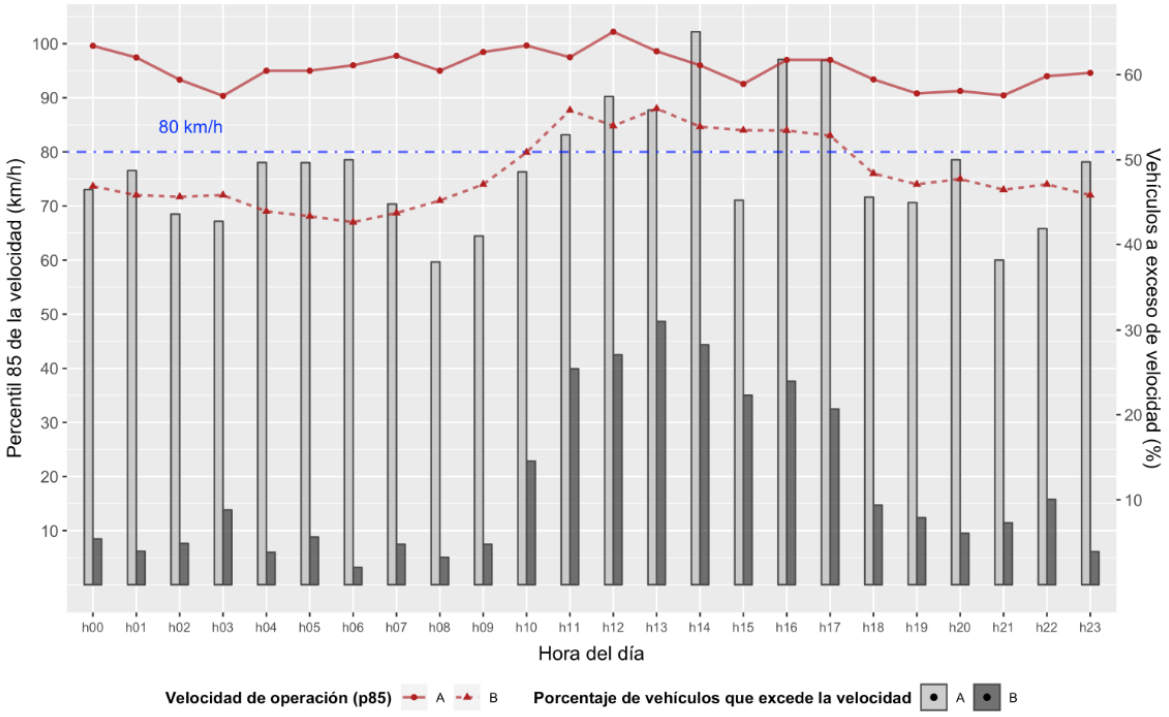

Figura 3.12. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Hora del Día (Camiones Articulados de 6 Ejes)

En esta figura vemos que para el cuerpo A, el percentil 85 de la velocidad se encuentra, a todas horas del día, muy por arriba del límite máximo permitido (80 km/h), con los valores más altos localizados a las 12:00 horas (102.2 km/h) y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante todo el día de 95.5 km/h; para el cuerpo B, el percentil 85 de las velocidades solo se encuentra por arriba del límite máximo permitido en el lapso comprendido entre las 11:00 y 17:00 horas. El

valor más alto del percentil 85 de las velocidades registradas en el cuerpo B fue a las 13:00 horas con un valor de 88 km/h y en promedio el percentil 85 de las velocidades del cuerpo B durante todo el día fue 76.1 km/h, valor 19.4 km/h más bajo que el promedio registrado durante el día en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por hora del día, en la Figura 3.12 apreciamos que, a todas horas del día, en el cuerpo A, existe un porcentaje de vehículos significativamente elevado que exceden el límite máximo que establece el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, y mucho más alto que los porcentajes de vehículos que exceden el límite de velocidad en el cuerpo B, con valores que alcanzan el 65% a las 14:00 horas; en promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de camiones articulados de seis ejes que excede el límite máximo de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales para este tipo de vehículos, durante todo el día, fue 48.9%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones articulados de seis ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido fue registrado a las 13:00 horas con 30.9%; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante todo el día en el cuerpo B fue 11.9%, significativamente menor al porcentaje de camiones articulados de seis ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A.

3.1.6.2 Velocidades por Día de la Semana

La Figura 3.13 presenta el percentil 85 de las velocidades registradas por día de la semana y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones articulados de seis ejes, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

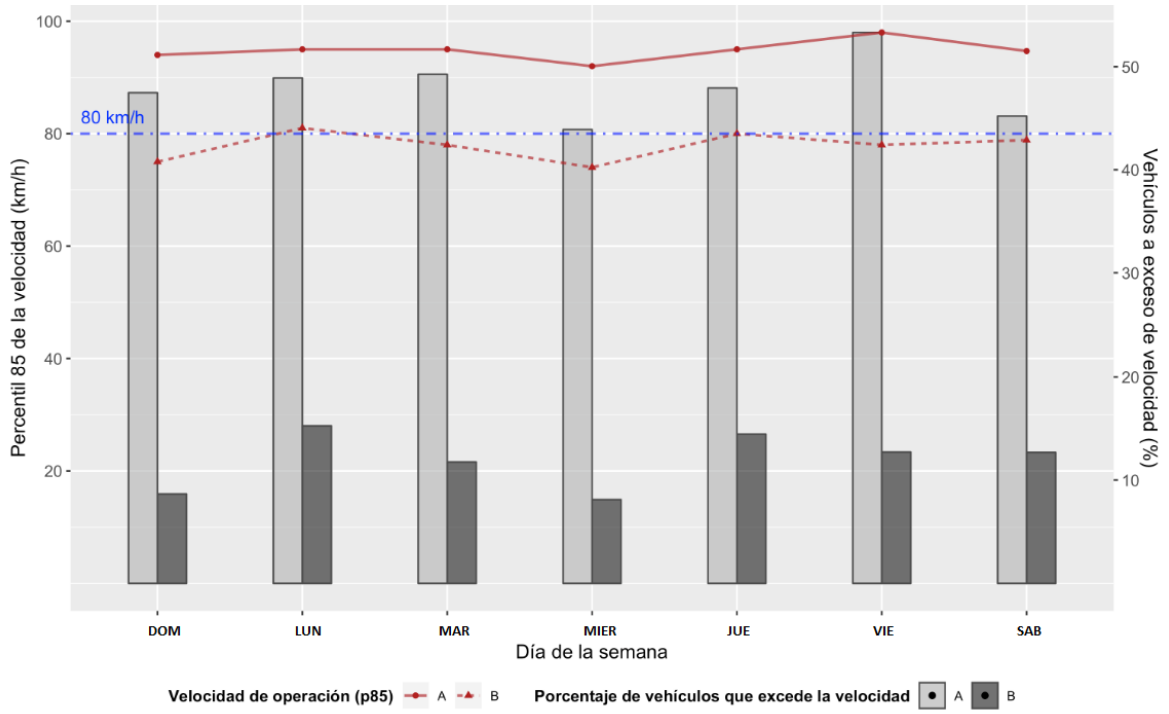

Figura 3.13. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Articulados de 6 Ejes)

En esta figura, al igual que en el análisis por hora del día de la sección anterior, apreciamos nuevamente que para el cuerpo A el percentil 85 de la velocidad se encuentra, todos los días de la semana, por arriba del límite máximo permitido (80 km/h), con el valor más alto los viernes, el cual fue de 98 km/h y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante la semana de 94.8 km/h, valor por arriba del límite máximo permitido; para el cuerpo B, los percentiles 85 de la velocidad son significativamente menores que los del cuerpo A, muy cercanos al límite máximo permitido, con valores que van de los 75 km/h a los 81 km/h, con un promedio del percentil 85 de las velocidades durante la semana de 77.8 km/h, valor 17 km/h menor al promedio registrado en el cuerpo A (94.8 km/h).

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por día de la semana, la Figura 3.13 muestra que diariamente existe un porcentaje significativo de vehículos que excede el límite de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso, hallamos los porcentajes más altos, con valores que alcanzan el 53.3% los viernes; en promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de

camiones articulados de seis ejes que excede el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículos, establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, durante la semana, fue de 48%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones articulados de seis ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido fue 15.2%, los lunes; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante la semana en el cuerpo B fue 11.9%, significativamente menor que el porcentaje de camiones articulados de seis ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A (48%).

3.1.7 Vehículos Clase 13 o Camiones Doblemente Articulados de 9 Ejes (T3S2R4)

En este caso, la velocidad máxima permitida según el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, es de 80 km/h. Para este tipo de vehículo, en la Tabla 3.1 se observa que en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, hubo 3,035 camiones doblemente articulados de 9 ejes (T3S2R4) en el lapso de dos meses (enero y febrero), los cuales viajaban a una velocidad media de 78.7 km/h, valor ligeramente menor al límite máximo permitido; también hallamos en este cuerpo velocidades mínimas de 15 km/h para este tipo de vehículos y máximas de 116 km/h. La mediana de las velocidades registradas resultó en 82 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue de 62 km/h, el percentil 85 resultó en 94 km/h y 53.1% de los vehículos registrados excedieron el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículo según el Reglamento de Tránsito y tan solo el 0.5% circularon excediendo el límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

La Tabla 3.2 muestra que en el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, anotamos 1,436 camiones doblemente articulados de nueve ejes (T3S2R4), los cuales viajaban a una velocidad media de 61.2 km/h, valor significativamente menor a la velocidad media registrada en el cuerpo A. En este cuerpo la velocidad mínima registrada de los camiones doblemente articulados de nueve ejes fue de 10 km/h y la máxima de 105 km/h, la mediana de las velocidades registradas resultó en 60 km/h, el percentil 15 de la velocidad fue 47 km/h, el percentil 85 fue 75 km/h, valor menor al límite máximo permitido para este tipo de vehículos, y en este caso solo el 9.5% excedieron el límite máximo permitido en el Reglamento, valor mucho menor al porcentaje de excedidos en el cuerpo A (53.1%), y en este

cuerpo, la totalidad de los camiones doblemente articulados de nueve ejes se ajustaron al límite máximo señalizado en el tramo (110 km/h).

3.1.7.1 Velocidades por Hora del Día

En la Figura 3.14 presentamos el percentil 85 de las velocidades registradas por hora del día y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones doblemente articulados de nueve ejes (T3S2R4), tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

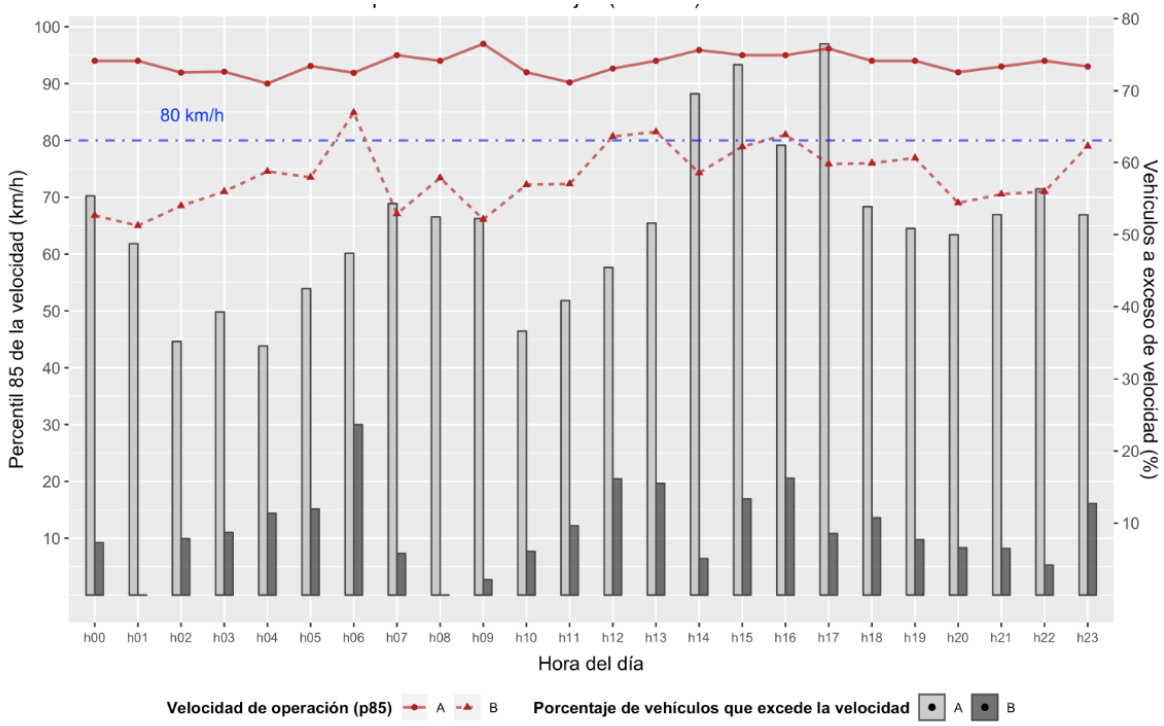

Figura 3.14. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por hora del Día (Camiones Doblemente Articulados de 9 Ejes)

En esta figura, podemos apreciar que para el cuerpo A, el percentil 85 de la velocidad se encuentra, a todas horas del día, por arriba el límite máximo permitido (80 km/h), con los valores más altos localizados a las 09:00 horas (97 km/h) y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante todo el día de 93.5 km/h; para el cuerpo B, el percentil 85 de las velocidades la mayor parte del día se encuentra por abajo del límite máximo permitido. El valor más alto del

percentil 85 de las velocidades registradas en el cuerpo B se localizó a las 06:00 horas con un valor de 84.9 km/h y en promedio el percentil 85 de las velocidades del cuerpo B -durante todo el día- fue 73.7 km/h, valor 19.7 km/h más bajo que el promedio registrado durante el día en el cuerpo A.

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por hora del día, en la Figura 3.14 apreciamos que, a todas horas del día, en el cuerpo A existe un porcentaje de vehículos significativamente elevado que exceden el límite máximo que establece el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, y mucho más alto que los porcentajes de vehículos que exceden el límite de velocidad en el cuerpo B, con valores que alcanza el 76.5% a las 17:00 horas; en promedio, en el cuerpo A, el porcentaje de camiones doblemente articulados de nueve ejes que excede el límite máximo de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales para este tipo de vehículos, durante todo el día, fue 51.5%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones doblemente articulados de nueve ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido se registró a las 06:00 horas con 23.6%; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante todo el día en el cuerpo B fue 9%, significativamente menor al porcentaje de camiones doblemente articulados de nueve ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A.

3.1.7.2 Velocidades por Día de la Semana

En la Figura 3.15 tenemos el percentil 85 de las velocidades registradas por día de la semana y el porcentaje de vehículos que excede el límite de velocidad máximo permitido para los camiones doblemente articulados de nueve ejes, tanto para el cuerpo A (línea roja continua), como para el cuerpo B (línea roja discontinua) y el límite máximo permitido (línea azul discontinua).

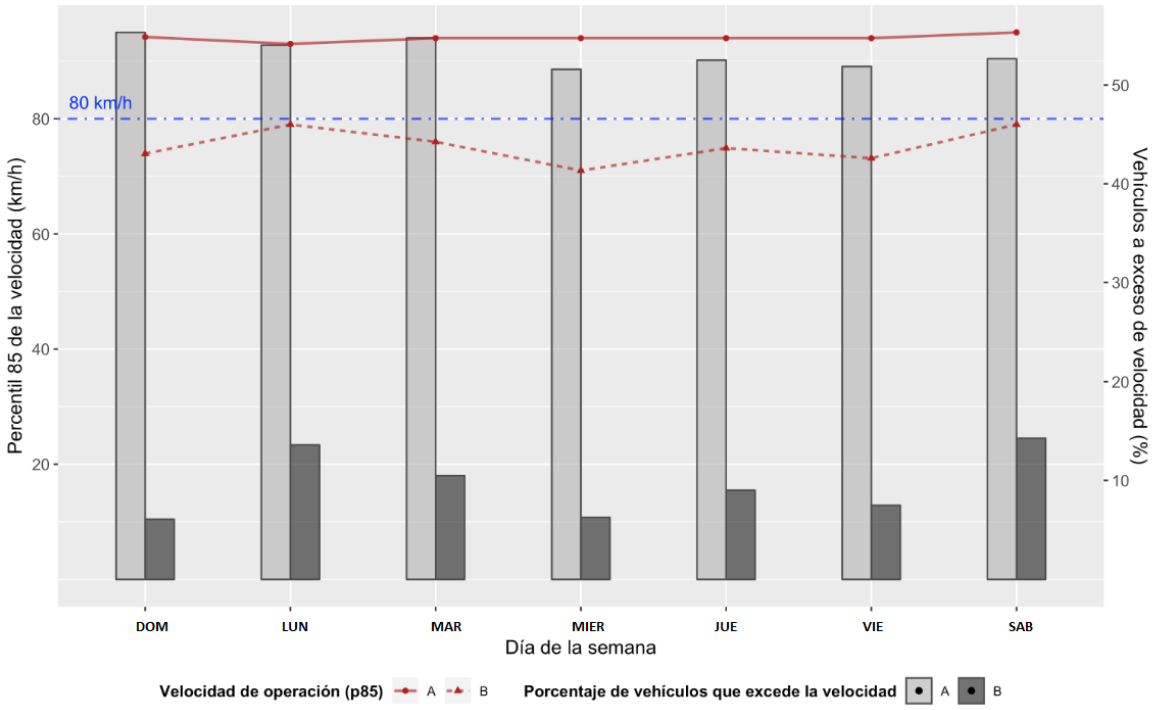

Figura 3.15. Percentil 85 de la Velocidad y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Límite Máximo de Velocidad, por Día de la Semana (Camiones Doblemente Articulados de 9 Ejes)

En esta figura, al igual que en el análisis por hora del día de la sección anterior vemos nuevamente que para el cuerpo A el percentil 85 de la velocidad se encuentra, todos los días de la semana, por arriba del límite máximo permitido (80 km/h), con el valor más alto los sábados, el cual fue de 98 km/h y con un promedio del percentil 85 de la velocidad durante la semana de 94 km/h, valor por arriba del límite máximo permitido; para el cuerpo B, los percentiles 85 de la velocidad son significativamente menores que los del cuerpo A, muy cercanos al límite máximo permitido, con valores que van de los 71 km/h a los 79 km/h, con un promedio del percentil 85 de las velocidades durante la semana de 75.2 km/h, valor 18.8 km/h menor al promedio registrado en el cuerpo A (94 km/h).

En cuanto al porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad, por día de la semana, la Figura 3.15 muestra que diariamente existe un porcentaje significativo de vehículos que excede el límite de velocidad establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, en descenso, es donde apreciamos los porcentajes más altos, con valores que alcanzan el 53.3% los domingos; en promedio, en el cuerpo A, el

porcentaje de camiones doblemente articulados de nueve ejes que exceden el límite máximo de velocidad para este tipo de vehículos, establecido en el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, durante la semana, fue de 53.2%. En el cuerpo B, el porcentaje más alto de camiones doblemente articulados de nueve ejes que exceden el límite de velocidad máximo permitido fue 14.2%, los sábados; en promedio, el porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad durante la semana en el cuerpo B fue 9.6%, significativamente menor que el porcentaje de camiones doblemente articulados de nueve ejes que exceden el límite de velocidad en el cuerpo A (53.2%).

4 Análisis de Dimensiones

En relación con las dimensiones de los vehículos registrados, cabe mencionar que únicamente analizamos el largo total de los vehículos según su clase, conforme con los valores máximos permitidos carga en la versión vigente de la NOM-012-SCT-2017.

Como hemos realizado el presente análisis, los vehículos considerados son los vehículos clase 4 (autobús de 2 y 3 ejes, B2 y B3), clase 5 (camión sencillo de 2 ejes, C2), clase 6 (camión sencillo de 3 ejes, C3), clase 8 (camión articulado de 4 ejes, C2R2 y T2S2), clase 9 (camión articulado de 5 ejes, T3S2), clase 10 (camión articulado de 6 ejes, T3S3) y clase 13 (camión doblemente articulado de 9 ejes T3S2R4); toda vez que, como ya habíamos dicho, la Autopista México – Tuxpan es una carretera tipo ET; teniendo en cuenta la norma vigente, la Tabla 4.1 resume el largo total máximo permitido que utilizamos como referencia, por tipo de vehículo.

Tabla 4.1. Largo Total Máximo de Referencia (Metros), por Tipo de Vehículo

TIPO DE VEHÍCULO		LARGO MÁXIMO
FHWA	**SCT**	
Clase 4	B2 y B3	14.0
Clase 5	C2	14.0
Clase 6	C3	14.0
Clase 8	T2-S2	23.0
Clase 9	T3S2	23.0
Clase 10	T3S3	23.0
Clase 13	T3S2R4	31.0

Los parámetros a considerar en el presente análisis se describen a continuación:

Dimensiones ponderadas o media aritmética: es la suma de todas las dimensiones registradas dividida en el número de observaciones y representa el largo vehicular medio temporal.

Desviación estándar: Debido a que no todos los vehículos tienen el mismo largo, existe una dispersión de sus dimensiones vehiculares alrededor de la media; la desviación estándar es una medida estadística de esta dispersión.

Moda: Es el valor que más se repite; o sea, el largo vehicular que presentaron la mayoría de vehículos.

Mediana: Es el valor del largo total del vehículo correspondiente al 50% de frecuencia acumulada, es decir, el largo máximo que adopta el 50% de los vehículos, obtenemos su valor del histograma de frecuencias.

Largo mínimo ($L_{mín}$): Se refiere a la longitud mínima registrada por alguno de los vehículos que circulaban por el sitio donde realizamos el levantamiento de datos.

Largo máximo ($L_{máx}$): Se refiere a la longitud máxima registrada por alguno de los vehículos que circulaban por el sitio donde hicimos el levantamiento de datos.

Percentil 15 (P-15): Se refiere al largo que tiene el 15% de los vehículos.

Percentil 85 (P-85): Se refiere al largo que tiene el 85% de los vehículos.

4.1 Parámetros Estadísticos Registrados

El análisis de dimensiones es llevado a cabo por cuerpo y tipo de vehículo, para los datos de largo total registrado por la estación durante los meses de enero y febrero de 2016. La Tabla 4.2 presenta los parámetros estadísticos de las dimensiones (largo total) registradas en el cuerpo A durante ese lapso; mientras que la Tabla 4.3 tenemos los parámetros estadísticos encontrados para el cuerpo B.

Tabla 4.2. Parámetros Estadísticos de Dimensiones, en Metros, por Tipo de Vehículo (Cuerpo A)

PARÁMETRO	TIPO DE VEHÍCULO						
	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 13
	B2 Y B3	C2	C3	T2-S2	T3S2	T3S3	T3S2R4
TAMAÑO*	16,587	11,910	12,203	1,593	10,121	2,918	3,035
LARGO PERMITIDO	**14**	**14**	**14**	**23**	**23**	**23**	**31**
MEDIA	13.67	9.26	12.31	17.10	20.87	19.72	-
DE	1.95	1.97	1.19	2.70	2.31	1.06	-
MODA	15.20	7.70	11.9	16.10	19.70	0.00	-
MEDIANA	14.60	8.60	12.10	16.70	20.70	19.60	-
MIN	**8.80**	**3.50**	**4.10**	**2.50**	**2.50**	**14.20**	**-**
MAX	19.10	22.00	18.40	23.90	24.90	24.90	-
P15	11.00	8.00	11.00	15.00	19.00	19.00	-

P85	**15.70**	**11.00**	**13.00**	**20.00**	**23.00**	**21.00**	**-**
% EX	**52.41**	**3.53**	**5.75**	**0.82**	**13.81**	**0.62**	**-**

*Número de vehículos registrados;

Tabla 4.3. Parámetros Estadísticos de Dimensiones, en Metros, por Tipo de Vehículo (Cuerpo B)

PARÁMETRO	TIPO DE VEHÍCULO						
	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 13
	B	C2	C3	T2-S2	T3S2	T3S3	T3S2R4
TAMAÑO*	15,082	11,049	8,333	1,025	4,796	3,243	1,436
LARGO PERMITIDO	**14**	**14**	**14**	**23**	**23**	**23**	**31**
MEDIA	13.18	8.94	11.39	16.40	19.88	18.71	-
DE	1.98	1.84	1.97	3.12	3.60	2.57	-
MODA	15.60	7.80	12.20	19.10	22.4	20.00	-
MEDIANA	12.70	8.30	11.80	16.50	20.10	19.60	-
MIN	**8.80**	**3.70**	**5.40**	**10.30**	**2.50**	**2.50**	**-**
MAX	19.80	19.10	18.70	24.60	25.00	24.50	-
P15	11.00	8.00	9.00	12.00	16.00	15.00	-
P85	**15.70**	**10.00**	**13.00**	**19.00**	**23.00**	**21.00**	**-**
% EX	**34.32**	**2.66**	**6.05**	**2.05**	**15.22**	**0.46**	**-**

*Número de vehículos registrados;

Por otra parte, la Figura 4.1 hace un resumen de los valores mostrados en las tablas anteriores; esta gráfica muestra el percentil 85 del largo total, para ambos cuerpos de la autopista, por tipo de vehículo (lado izquierdo de las ordenadas) y el porcentaje de vehículos que exceden el límite máximo permitido por la NOM-012-SCT-2-2017 sobre el peso y las dimensiones máximas permitidas (lado derecho de las ordenadas).

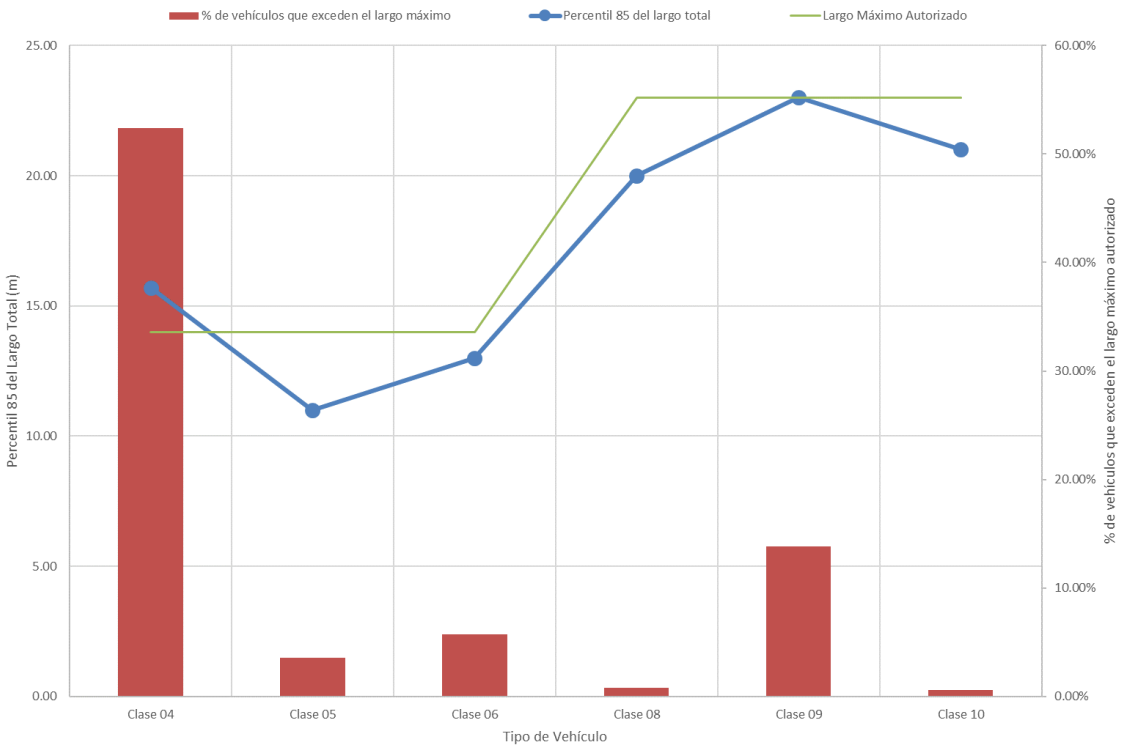

Figura 4.1. Percentil 85 de las Dimensiones por Tipo de Vehículo y Porcentaje de Vehículos que Exceden el Máximo Permitido

Como apreciamos en las tablas y la figura anterior, la clase 4, autobuses de 2 y 3 ejes (B2 y B3), registró un percentil 85 del largo total de 15.7 metros tanto para el cuerpo A como para el cuerpo B -valor por arriba del máximo permitido- de tal manera que el 52.41% en el cuerpo A, y el 34.3% en el cuerpo B, de los vehículos registrados excedieron el largo máximo permitido (14.0 metros); la clase 5, camiones sencillos de 2 ejes (C2), registraron un percentil 85 del largo total para el cuerpo A de 11.0 metros y 10.0 metros o el cuerpo B, y solo el 3.53% y 2.66% de los vehículos contabilizados excedieron el largo máximo permitido (14.0 metros), respectivamente; la clase 6, camiones sencillos de 3 ejes (C3), registró un percentil 85 del largo total de 13.0 metros para ambos cuerpos, y el 5.75% y 6.05% de los vehículos registrados excedieron su largo máximo permitido (14.0), respectivamente; la clase 8, camiones articulados de 4 ejes (T2S2), registró un percentil 85 del largo total para el cuerpo A de 20.0 metros y 19.0 metros para el cuerpo B, mientras que tan solo el 0.82% y 2.05% de los vehículos anotados excedieron el largo máximo permitido (23.0 metros), respectivamente; la clase 9, camiones articulados de 5 ejes (T3S2), registró un percentil 85 del largo total de 23.0 t en ambos cuerpos, y el 13.81% y 15.22% de los vehículos registrados

excedieron su largo máximo permitido (23.0 metros) respectivamente; la clase 10, camiones articulados de 6 ejes (T3S3), registró un percentil 85 del largo total de 21.0 metros para ambos cuerpos, y tan solo el 0.62% y 0.46% de los vehículos contabilizados excedieron su largo máximo permitido (23.0 metros), respectivamente; finalmente, cabe destacar que, para la clase 13, camiones doblemente articulados de 9 ejes (T3S2R4), **no consideramos los datos, dado que la estación dinámica, para este tipo de vehículos, registró siempre el mismo valor, 25 metros de largo total.** Como podemos apreciar, destacan el alto porcentaje de autobuses que exceden el largo máximo permitido; así mismo, la otra configuración vehicular que presenta un elevado porcentaje de vehículos que exceden el largo máximo permitido es la clase 9 o configuración T3S2, en ambos sentidos (13.81 y 11.22% respectivamente), seguido de los camiones sencillos de tres ejes (C3), con el 5.75 y 6.05% respectivamente.

Mención aparte merecen los valores mínimos registrados por tipo de vehículo. Como podemos observar, dichos valores no se ajustan a la realidad de las longitudes de los vehículos; así mismo, destaca también, como ya dijimos, el valor constante de 25 metros que se reporta para la configuración T3S2R4, la cual tampoco corresponde con la realidad de la longitud con la que circula esa configuración. Lo anterior genera dudas sobre la adecuada calibración de sistema.

Conclusiones

Antes de ofrecer las principales conclusiones del presente estudio, debemos considerar que la información utilizada para llevarlo a cabo es tal y como fue proporcionada por la empresa concesionaria de la autopista México – Tuxpan; es decir, que proviene de equipos de conteo automático que no se ajustan a una tecnología específica que aparezca en una Norma Oficial Mexicana, dado que no existe en nuestro país; así mismo, dicha información no se ajusta a parámetros específicos de precisión, repetitividad o calidad de datos. Simplemente, es la información que proporciona el sistema; la cual tiene su origen en un algoritmo que interpreta la información de distancia entre ejes y peso de los mismos, para de esa forma efectuar una clasificación vehicular; utiliza la clasificación de vehículos desarrollado por la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (Federal Highway Administration) y en función de ello se le asigna el peso, la longitud total de la misma y la velocidad de circulación y es así como se lleva a cabo el análisis desarrollado en el presente estudio.

Tomando en cuenta lo anterior, las siguientes son las principales conclusiones del estudio.

a) De los Pesos Registrados

- En cuanto a los pesos registrados, resulta evidente que el sistema presenta problemas de calibración, toda vez que aparecen valores mínimos de los pesos hallados que no se ajustan a la realidad, de acuerdo al tipo de vehículo, así como también algunos de los pesos máximos registrados están fuera de una proporción lógica, como, por ejemplo, el valor máximo anotado para los autobuses (67.81 t) y el máximo registrado para la configuración T3S2 (98.57 t).

- En general, existe un bajo porcentaje de vehículos que exceden el límite máximo permitido, las configuraciones T3S2R4 son las que presentan los porcentajes de vehículos que exceden los límites máximos permitidos (66.5 t para este tipo de vehículos), con un 8.4% en el cuerpo A, sentido hacia

Tuxpan, en descenso y 7.5% en el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, en ascenso.

- Los autobuses fueron la clase de vehículos que después del T3S2R4 presentaron los porcentajes más altos de vehículos excedidos en peso, con un 5.9% en el cuerpo A -sentido hacia Tuxpan, en descenso- y 3.4% en el cuerpo B, sentido hacia la Ciudad de México, en ascenso.

- Invariablemente, para todas las configuraciones vehiculares, el percentil 85 de los pesos registrados resultó mayor en el sentido hacia Tuxpan, en descenso que -en el sentido contrario- hacia la Ciudad de México, en ascenso.

b) De las Velocidades Registradas

- En cuanto a las velocidades registradas, también podría decirse que el sistema presenta problemas de calibración, ya que observamos valores mínimos menores a 5 km/h y máximos cercanos a los 300 km/h; lo cual no sería lógico para vehículos del autotransporte federal, tanto de carga como de pasaje.

- Dentro de este parámetro, llama la atención el alto porcentaje de vehículos que exceden el límite máximo permitido, con valores que van desde el 67% para los camiones sencillos de dos ejes (valor más alto del porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad), hasta el 24% para los autobuses (valor más bajo del porcentaje de vehículos que exceden el límite de velocidad). Llama la atención que incluso las configuraciones T3S2R4 presentan porcentajes de vehículos que exceden el límite máximo permitido, superior al 50%.

- En cuanto a la velocidad, con los datos registrados, podríamos decir que los vehículos del autotransporte público federal de carga y pasaje no se ajustan a los límites específicos que existen para este tipo de vehículos en las diversas regulaciones existentes, como lo es la NOM-012-SCT-2-2017 y el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, sino que se apegan al límite que permite el señalamiento de la carretera, en este caso 110 km/h.

- Invariablemente, para todas las configuraciones vehiculares, el percentil 85 de las velocidades resultó significativamente mayor en el sentido hacia Tuxpan -en descenso que- en el sentido contrario, hacia la Ciudad de México, en ascenso.

- Es evidente entonces que la pendiente longitudinal del camino, en relación directa con el Peso Bruto Vehicular, presenta los mayores efectos en la velocidad de circulación de los vehículos.

- Un análisis que permita relacionar el peso bruto vehicular con la velocidad de circulación de los vehículos, requeriría entonces de un análisis en varios sitios con distintas pendientes.

c) De las Dimensiones Registradas

- En cuanto a las dimensiones, un dato que destaca es el gran porcentaje de autobuses que circulan con largos totales mayores al límite máximo permitido (14 metros), con 52% en el cuerpo A, sentido hacia Tuxpan, y 34% en el sentido hacia la Ciudad de México.

- Desafortunadamente, no pudimos conocer el porcentaje de vehículos tipo T3S2R4 que exceden el largo máximo permitido; debido a que el sistema, en todas las mediciones, asignó un valor de 25 metros a este tipo de vehículos.

Bibliografía

FREUDENBERG, M., 2003. Composite indicators of country performance: A Critical Assesment. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2003/2016, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/405566708255

GOBIERNO DE LA REPÚBLICA, 2013. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, Gobierno de la Republica, Ciudad de México.

HERMANS, E., BRIJS, T. y WETS, G., 2008. Developing a Theoretical Framework for Road Safety Performance Indicators and a Methodology for Creating a Performance Index.

HO, N.J. y KLEINMAN, K., 2015. Using R Studio for Data Management, Statistical Analysis, and Graphics, 2nd edition. ISBN 978-1-4822-3737-5.

IHAKA, R., GENTLEMAN, R., 1996. R: a language for data analysis and graphics. Journal of computational and graphical statistics, vol. 5, no 3, p. 299-314

LITMAN, T., 2007 Developing indicators for comprehensive and sustainable transport planning. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, no 2017, p. 10-15.

MAIMON, D., ROKACH, L. 2010. Data Mining and Knowledge Discovery Handbook. Second Ed., Springer, New York. ISBN: 978-0-387-09822-7. DOI: 10.1007/978-0-387-09823-4.

MAYORAL, E.F., CUEVAS, A.C. y MENDOZA, A., 2014. Criterios de ubicación de estaciones fijas automatizadas para el control de peso, dimensiones y velocidades de los vehículos que circulan por las carreteras federales. Publicación Técnica No. 397. Instituto Mexicano del Transporte. San Fandila, Querétaro.

RTCyPJF, 2012. Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal, Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de noviembre de 2012.

SPECTOR, P., 2008. Data Manipulation with R. New York, NY, USA: Springer. ISBN 978-0-387-74730-9.

SCT, 2013. Programas Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018, Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT, Ciudad de México.

Km 12+000 Carretera Estatal 431 “El Colorado-Galindo”
Parque Tecnológico San Fandila
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México
CP 76703
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610
Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

http://www.imt.mx/

Esta publicación fue desarrollada en el marco de un sistema de gestión de calidad certificada bajo la norma ISO 9001:2015