



Análisis estadístico para la generación de información proveniente de estaciones dinámicas de medición de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares para 2019

José Luis Gutiérrez Hernández
Nadia Gómez González

Publicación Técnica No. 650
Sanfandila, Qro.
2021

ISSN 0188-7297

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por el M.I. José Luis Gutiérrez Hernández y la M.I. Nadia Gómez González.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna SI 07/20 Análisis estadístico para la generación de indicadores operativos de la información proveniente de estaciones dinámicas de medición de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares para 2019.

Se agradece la colaboración de la empresa Autovía Necaxa Tihuatlán S.A. de C.V. (AUNETI) por proporcionar la información sobre los arcos de pesaje dinámico.

Contenido

	Página
Índice de figuras y gráficas.....	v
Índice de tablas	ix
Sinopsis.....	xi
Abstract	xiii
Resumen ejecutivo.....	xv
Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Objetivo.....	3
Alcances	3
Metodología	3
1. Estación de monitoreo báscula–arco	5
1.1 Funcionamiento.....	5
1.2 Ubicación	5
1.3 Clasificación vehicular.....	7
1.4 Regulaciones Vigentes.....	9
1.5 Descripción de la base de datos	11
2. Resultados del procesamiento estadístico	13
2.1 Vehículos registrados.....	13
2.2 Distribución vehicular	15
2.3 Peso bruto vehicular.....	20
2.3.1 Autobuses de dos ejes B2	20

2.3.2	Autobuses de tres ejes B3	24
2.3.3	Camión de dos ejes C2	27
2.3.4	Camión de tres ejes C3	30
2.3.5	Tractocamión simplemente articulado T3S2.....	33
2.3.6	Tractocamión simplemente articulado T3S3.....	37
2.3.7	Tractocamión doblemente articulado T3S2R4.....	41
2.4	Análisis de Velocidades	47
2.4.1	Autos	47
2.4.2	Autobuses B2	47
2.4.3	Autobuses B3	50
2.4.4	Camiones C2.....	51
2.4.5	Camiones C3.....	52
2.4.6	Tractocamiones T3S2.....	53
2.4.7	Tractocamiones T3S3.....	54
2.4.8	Tractocamiones T3S2R4	55
2.5	Análisis de longitudes.....	56
2.5.1	Autobuses B2	56
2.5.2	Autobuses B3	57
2.5.3	Camiones C2.....	58
2.5.4	Camiones C3.....	59
2.5.5	Tractocamiones T3S2.....	60
2.5.6	Tractocamiones T3S3.....	61
2.5.7	Tractocamiones T3S2R4	62
3.	Comparación de resultados	63
3.1	Tránsito promedio diario y distribución vehicular	63
3.2	Peso bruto vehicular.....	63
3.3	Velocidad	65
3.4	Longitud	67
	Conclusiones.....	69
	Bibliografía	71

Índice de figuras y gráficas

Figura 1.1 Tramo Nuevo Necaxa–Tehuacán de la Carretera México–Tehuacán.....	6
Gráfica 2.1 Tránsito diario promedio mensual	14
Gráfica 2.2 Tránsito diario registrado del 13 al 21 de abril de 2019	14
Gráfica 2.3 Tránsito diario promedio por día de la semana.....	15
Figura 2.1 Datos Viales de la carretera Nuevo Necaxa–Tehuacán en 2019	17
Gráfica 2.4 Distribución promedio horaria	19
Gráfica 2.5 Distribución promedio horaria 13 de abril de 2019.....	19
Gráfica 2.6 B2, histograma de frecuencias del PBV.....	21
Gráfica 2.7 B2, histograma de distribución de frecuencias del peso en el eje 1 ...	22
Gráfica 2.8 B2, distribución de frecuencias acumuladas del peso en el eje 1	22
Gráfica 2.9 B2, histograma de distribución de frecuencias del peso en el eje 2 ...	23
Gráfica 2.10 B2, distribución de frecuencias acumuladas del peso en el eje 2	23
Gráfica 2.11 B3, histograma de frecuencias del PBV.....	24
Gráfica 2.12 B3, histograma de distribución de frecuencias del peso en eje 1	25
Gráfica 2.13 B3, distribución de frecuencias acumuladas, peso en eje 1	25
Gráfica 2.14 B3, histograma de distribución de frecuencias en eje tándem	26
Gráfica 2.15 B3, distribución de frecuencias acumuladas, peso en eje tándem ...	26
Gráfica 2.16 C2, histograma de frecuencias del PBV	27
Gráfica 2.17 C2, distribución de frecuencias del peso en el eje 1	28
Gráfica 2.18 C2, frecuencias acumuladas del peso en el eje 1	28
Gráfica 2.19 C2, distribución de frecuencias del peso en el eje 2	29
Gráfica 2.20 C2 frecuencias acumuladas del peso en el eje 2.....	29

Gráfica 2.21 Histograma de frecuencias del PBV Camiones C3.....	30
Gráfica 2.22 Distribución de frecuencias del peso en eje 1 del C3	31
Gráfica 2.23 Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el C3	31
Gráfica 2.24 Histograma del peso en eje tándem para el C3.....	32
Gráfica 2.25 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem para el C3	32
Gráfica 2.26 Histograma de frecuencias del PBV para el T3S2.....	33
Gráfica 2.27 Distribución de frecuencias del peso en eje 1 para el T3S2	34
Gráfica 2.28 Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el T3S2	34
Gráfica 2.29 Distribución de frecuencias del peso en eje motriz para el T3S2.....	35
Gráfica 2.30 Frecuencias acumuladas del peso en eje motriz para el T3S2.....	35
Gráfica 2.31 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem para el T3S2 ...	36
Gráfica 2.32 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem para el T3S2	36
Gráfica 2.33 Histograma de frecuencias del PBV para el T3S3.....	37
Gráfica 2.34 Distribución de frecuencias del peso en eje 1 para el T3S3	38
Gráfica 2.35 Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el T3S3	38
Gráfica 2.36 Distribución de frecuencias del peso en eje motriz del T3S3.....	39
Gráfica 2.37 Frecuencias acumuladas del peso en eje motriz para el T3S3.....	39
Gráfica 2.38 Distribución de frecuencias del peso en eje tridem del T3S3	40
Gráfica 2.39 Frecuencias acumuladas del peso en eje tridem del T3S3.....	40
Gráfica 2.40 Histograma de frecuencias del PBV para los T3S2R4.....	41
Gráfica 2.41 Distribución de frecuencias del peso en eje 1 del T3S2R4	42
Gráfica 2.42 Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el T3S2R4.....	42
Gráfica 2.43 Distribución de frecuencias del peso en eje motriz para el T3S2R4 .	43
Gráfica 2.44 Frecuencias acumuladas del peso en eje motriz del T3S2R4	43
Gráfica 2.45 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem 01 del T3S2R4	44

Gráfica 2.46 Frecuencias acumuladas del peso en eje 01 tándem del T3S2R4 ...	44
Gráfica 2.47 Distribución de frecuencias del eje tándem 02 del T3S2R4.....	45
Gráfica 2.48 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem 02 del T3S2R4 ...	45
Gráfica 2.49 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem 03 del T3S2R4	46
Gráfica 2.50 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem 03 del T3S2R4 ...	46
Gráfica 2.51 Distribución de velocidades para autos	48
Gráfica 2.52 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autos	48
Gráfica 2.53 Distribución de velocidades de los autobuses B2	49
Gráfica 2.54 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autobuses B2.....	49
Gráfica 2.55 Distribución de velocidades de los autobuses B3	50
Gráfica 2.56 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autobuses B3.....	50
Gráfica 2.57 Distribución de velocidades de los camiones C2.....	51
Gráfica 2.58 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los C2	51
Gráfica 2.59 Distribución de velocidades de los camiones C3	52
Gráfica 2.60 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los C3	52
Gráfica 2.61 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S2	53
Gráfica 2.62 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S2	53
Gráfica 2.63 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S3	54
Gráfica 2.64 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S3	54
Gráfica 2.65 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S2R4	55
Gráfica 2.66 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S2R4.....	55
Gráfica 2.67 Distribución de frecuencias de la longitud de los autobuses B2	56
Gráfica 2.68 Frecuencias acumuladas de la longitud de los autobuses B2	56
Gráfica 2.69 Distribución de frecuencias de la longitud de los autobuses B3	57
Gráfica 2.70 Frecuencias acumuladas de la longitud de los autobuses B3	57

Gráfica 2.71 Distribución de frecuencias de la longitud de los camiones C2	58
Gráfica 2.72 Distribución de frecuencias de la longitud de los camiones C2	58
Gráfica 2.73 Frecuencias acumuladas de la longitud de los camiones C3	59
Gráfica 2.74 Frecuencias acumuladas de la longitud de los camiones C3	59
Gráfica 2.75 Distribución de frecuencias de la longitud de los T3S2.....	60
Gráfica 2.76 Frecuencias acumuladas de la longitud de los T3S2.....	60
Gráfica 2.77 Distribución de frecuencias de la longitud de los T3S3.....	61
Gráfica 2.78 Frecuencias acumuladas de la longitud de los T3S3.....	61

Índice de tablas

Tabla 1.1 Clasificación vehicular de la FHWA.....	7
Tabla 1.2 Correspondencia entre la clasificación FHWA, SCT y Norma 12.....	8
Tabla 1.3 PBV máximo permitido en carreteras ET y A	9
Tabla 1.4 Longitud máxima permitida en carreteras ET y A.....	10
Tabla 1.5 Velocidades máximas permitidas en carreteras federales	11
Tabla 2.1 Vehículos registrados en 2019	13
Tabla 2.2 Clasificación vehicular de la FHWA.....	15
Tabla 2.3 Clasificación vehicular de la FHWA.....	16
Tabla 2.4 Distribución vehicular	17
Tabla 2.5 Comparación de distribuciones báscula vs Datos Viales	18
Tabla 2.6 PBV máximo en carreteras ET, en toneladas.....	20
Tabla 3.1 Tránsito diario promedio anual y distribución vehicular	63
Tabla 3.2 Peso bruto vehicular	64
Tabla 3.3 PBV promedio por sentido de circulación y carril	65
Tabla 3.4 Comparación del promedio de velocidades.....	66
Tabla 3.5 Velocidad promedio por sentido de circulación y carril 2019.....	66
Tabla 3.6 Comparación del promedio de longitudes	67
Tabla 3.7 Longitud promedio por sentido de circulación y carril 2019.....	68

Sinopsis

El peso bruto vehicular (PBV), la longitud y velocidad de operación de los vehículos son tres variables reguladas por la normativa mexicana, especialmente para el transporte de carga.

En este estudio se analizan los datos obtenidos de la estación de pesaje dinámico localizada en el kilómetro 169+200 de la carretera Nuevo Necaxa–Tihuatlán de la autopista México–Tuxpan. La carretera se localiza en su mayoría en terreno montañoso, es tipo A4, con velocidad de proyecto de 110 Km/h y sección transversal de 21m.

El objetivo principal de este estudio es presentar un análisis de las variables PBV, longitud y velocidad de circulación, para cada configuración vehicular registrada; comparando los resultados con los valores máximos permitidos establecidos en la NOM–012–SCT–2–2017 y el Reglamento de Tránsito Federal.

La información analizada fue proporcionada por la concesionaria de la autopista y proviene de equipos de conteo automático cuya tecnología no está contemplada en la normativa mexicana, por lo que no se tienen parámetros específicos de precisión, repetitividad o calidad de datos. Además, esta información se ajusta a los 13 tipos de vehículos desarrollados por la FHWA de Estados Unidos, estableciendo la correspondencia con los vehículos permitidos en la normativa mexicana.

Abstract

Gross vehicle weight (GVW), vehicle length, and operating speed are three variables regulated by Mexican regulations, especially for freight transportation.

This study analyzes data obtained from the dynamic weighing station located at kilometer 169+200 of the Nuevo Necaxa-Tehuacán highway of the Mexico-Tuxpan highway. The road is located mostly in mountainous terrain, is type A4, with a design speed of 110 km/h and a cross section of 21 m. The main objective of this study is to present the results of the analysis.

The main objective of this study is to present an analysis of the variables PBV, length and traffic speed, for each registered vehicle configuration; comparing the results with the maximum allowed values established in NOM-012-SCT-2-2017 and the Federal Traffic Regulation.

The information analyzed was provided by the highway concessionaire and comes from automatic counting equipment whose technology is not contemplated in Mexican regulations, so there are no specific parameters of accuracy, repeatability or data quality. In addition, this information conforms to the 13 types of vehicles developed by the U.S. Federal Highway Administration, establishing the correspondence with the vehicles allowed in the Mexican regulations.

Resumen ejecutivo

El objetivo principal de este estudio es presentar un análisis de la clasificación vehicular y de tres variables reguladas por la normativa mexicana; peso bruto vehicular (PBV), dimensión de la longitud y velocidad de operación o circulación.

Los datos analizados corresponden a los recopilados en ambos sentidos de la autopista México–Tuxpan en su tramo Nuevo Necaxa–Tihuatlán durante el periodo enero–diciembre de 2019.

Clasificación vehicular

La clasificación vehicular que realizan los equipos de medición dinámica corresponde a la determinada por la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (Federal Highway Administration).

A partir de la clasificación vehicular, se observa que su distribución no coincide, principalmente en dos casos, con respecto a la publicada en el libro de Datos Viales (DV), generada por la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT. El primer caso es la participación de la configuración T3S2R4, el sistema reporta 0.4% y DV 4.1%. El segundo caso importante corresponde a los vehículos señalados como “otros” (agrupan a los que no pertenecen a alguna de las principales categorías: motos, autos, autobuses, C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S2R4), para el sistema dinámico son el 4.7% y para DV 0.9%.

Con base en los resultados obtenidos, se requiere que los equipos sean ajustados o calibrados de acuerdo con las características geométricas y de operación de los vehículos que circulan por las carreteras mexicanas.

Peso bruto vehicular

La Norma Oficial Mexicana NOM–012–SCT–2–2017 (Norma 12) 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. Dichas especificaciones se establecen para cada configuración vehicular de acuerdo con una clasificación de las vías. La autopista México–Tuxpan está clasificada como carretera tipo A4, los pesos brutos vehiculares (PBV) son los máximos permitidos.

Los pesos brutos vehiculares promedio, no coinciden con los resultados obtenidos en el Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. En general son

menores. El porcentaje de vehículos que exceden el límite máximo permitido es muy bajo, casi nulo.

Velocidad

El límite de velocidad establecido en el tramo carretero donde se ubican las estaciones de pesaje dinámico es de 110 km/h para los vehículos ligeros, 95 km/h para los autobuses y 80 km/h para los vehículos de carga (Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal). También, la norma de pesos y dimensiones vigente, en su numeral 6.1.2.2.2 limita la velocidad máxima a las configuraciones doblemente articuladas, cuando circulan en caminos tipo 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.

Los resultados de la velocidad muestran que un porcentaje considerable de vehículos supera la velocidad máxima permitida. El 42.1% de los autos circulan a más de 110 km/h. El límite máximo para los autobuses de 95km/h, es excedido por el 24.5% de autobuses B2 y 17.8% de los B3. El límite para los vehículos de carga es de 80 km/h, sin embargo, el 69% de camiones C2 lo excede, 50% de C3, 49% de T3S2, 32% de T3S3 y 43.7% de T3S2R4.

Dimensiones

Teniendo en cuenta que las longitudes máximas de los vehículos que circulan por la autopista México–Tuxpan son las establecidas en la norma para una carretera tipo A4 se observó los siguiente:

La longitud máxima permitida para los autobuses es de 14 m, el porcentaje de B2 que exceden ese límite es de 54% y 49% los B3. Para los camiones unitarios, el límite es de 14 m, los C2 excedidos representan sólo el 0.8% y 16% de los C3. Los tractocamiones simplemente articulados tienen la restricción de 23 m de largo, el 18% de T3S2 exceden el límite y 8% los T3S3.

Los equipos no muestran capacidad o no están en condiciones de medir la longitud de los T3S2R4.

Introducción

La velocidad, la longitud y el peso bruto de las diferentes configuraciones vehiculares que transitan por las carreteras son tres de las variables reguladas por la normativa mexicana.

El exceso de velocidad es un factor de riesgo que impacta directamente y de forma negativa en las condiciones de conducción. Las distancias de visibilidad (de frenado, de decisión y rebase) son directamente proporcionales a la velocidad. Por ejemplo, a mayor velocidad mayor distancia de frenado y menor amplitud de campo visual útil. El diseño geométrico de las carreteras, entre otras variables, considera la velocidad de proyecto como un factor primordial, conducir a velocidades mayores a las establecidas en las vialidades es un riesgo potencial de accidentes. En México, el exceso de velocidad es la causa de más del 40% de accidentes en las carreteras, (IMT, 2017).

La longitud, ancho y altura máximos de los vehículos también son variables que se consideran en el diseño de carreteras, especialmente para las curvas verticales y la altura libre debajo de puentes (gálibo). Las longitudes máximas de vehículos consideradas en las carreteras más antiguas han sido superadas por las configuraciones vehiculares que circulan en la actualidad. Los vehículos largos implican mayor tiempo para ser rebasados, y en caso de curvas con carriles de anchos restringidos, se presenta la invasión de éstos.

El peso bruto vehicular (PBV), el peso de los vehículos más el peso de la carga que transportan, es una variable que se considera en el diseño estructural de las carreteras y sus puentes. Cuando el PBV es excedido frecuentemente se acelera el deterioro de las carreteras. También el exceso de peso en vehículos de carga (grandes) incrementa la distancia de frenado.

Las variables anteriores (velocidad, longitud y PBV) por si solas o junto con otros factores, como las malas condiciones físico-mecánicas, han incrementado el número de accidentes y con ello, el número de lesionados y muertes en años recientes, al reportarse cada año más de 370 mil accidentes que dejan un saldo de más de 14 mil fallecidos 100 mil lesionados (INEGI, 2021 a y b; IMT, 2020); colocando al país en el séptimo lugar a nivel mundial en siniestros de tránsito, de acuerdo con datos de la ONU, la SCT y otros organismos (INSP, 2021).

Lo anterior, manifiesta la importancia de controlar esas variables mediante operativos de supervisión aleatorias o de forma permanente con la ayuda de instalaciones equipadas apropiadamente. Atendiendo esta necesidad es que a partir del año 2002 se comienza con la construcción y puesta en marcha de Centros de Verificación de Peso y Dimensiones a lo largo de la Red Carretera Federal,

contando con 12 centros en 2006, y para 2010 se incrementaron a 59, en 2012 a 66 y pasaron a 70 en 2017 (DGAF, 2021).

A partir de la información publicada por la Dirección General de Autotransporte Federal, se observa que en la última década el parque vehicular del Autotransporte de carga ha tenido un crecimiento promedio anual del 6.05%, estando registradas 1,143,940 unidades en 2020, 580,035 de las cuales corresponden a unidades motrices. Considerando que el parque vehicular del Autotransporte de carga coincide con la cantidad de unidades motrices registradas, se observa que los vehículos que son sometidos a revisión de peso y dimensiones corresponde únicamente al 8.7% de los vehículos registrados, al haberse verificado el peso y dimensiones de únicamente 50,583 vehículos durante 2020 (DGAF, 2021).

Antecedentes

Uno de los objetivos principales del Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional (EECAN), ha sido conocer las condiciones en que circulan los vehículos de carga. Año con año, se ha detectado que un porcentaje considerable de los movimientos de mercancías realizados por las diferentes configuraciones vehiculares que circulan por la red carretera, exceden el peso bruto vehicular (PBV) establecido en la Norma Oficial Mexicana vigente NOM-012-SCT-2-2017 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 (DOF, 2017).

Desde sus inicios, el EECAN evidenció la necesidad de verificar y controlar el PBV derivando en 2002 la instrumentación del Sistema de Centros de Control de Peso y Dimensiones de Vehículos. Entraron en operación dos centros de pesaje estático: uno en Calamanda, Querétaro, y otro en Nuevo Laredo, Tamaulipas.

A principios de 2017, con base en entrevistas realizadas a actores involucrados durante el año 2014, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) presentó el documento “Revisión de la Regulación del Transporte de Carga en México”, en el cual menciona que si bien existen 70 centros de pesaje la gran mayoría está aparentemente fuera de servicio, o bien, son operadas manualmente de forma intermitente. También considera que “Los vehículos que transportan carga pesada están involucrados en una proporción relativamente menor de accidentes, pero la gran cantidad de vehículos pesados implica que las consecuencias de los accidentes en los que están involucrados son desproporcionalmente graves”. La OCDE recomienda en dicho documento: 1) Aumentar los recursos disponibles para la aplicación y verificación del cumplimiento de la regulación. 2) Considerar el establecimiento de una unidad especializada en la aplicación de las normas relativas a vehículos pesados. 3) Asignar recursos para asegurar que las estaciones de medición de pesos se encuentran en condiciones de operación y puestas en funcionamiento las 24 horas los 7 días de la semana.

En octubre de 2016, se realizó en el senado el Foro “Pesos y Dimensiones de las Configuraciones Vehiculares que Transitan en las Vías Federales de Comunicación”, en dicho Foro, el Director General de Autotransporte Federal de la SCT mencionó que, para contribuir con el control y la seguridad vial, se debe fortalecer la capacidad de supervisión, que se trabaja en diferentes vías para que lo antes posible se comience la instalación de arcos de pesaje y de medición dinámicos (SCT, 2016).

A partir de los acuerdos del Foro, algunas de las vías concesionadas del país colocaron arcos de pesaje y de medición dinámicos, contando hasta diciembre de 2018 con seis arcos colocados en carreteras concesionadas de la Red Carretera Federal.

En esta edición del documento “Análisis estadístico para la generación de indicadores operativos de la información proveniente de estaciones dinámicas de medición de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares para 2019”, se presenta el análisis de los datos recopilados durante 2019, en uno de los arcos de pesaje y de medición dinámicos colocados en la Red Carretera Federal.

Objetivo

El objetivo principal de este estudio es continuar con el análisis de las tres variables (PBV, longitud y velocidad de circulación) para cada una de las diferentes configuraciones registradas en 2019. Se cotejarán los resultados con los valores máximos señalados en las normas actuales.

Igual que lo analizado para 2016 y 2017, la información es la recopilada por la empresa concesionaria Autovía Necaxa Tihuatlán S.A. de C.V. (AUNETI) y corresponde al arco colocado en la autopista México–Tuxpan, proviene de equipos de conteo automático cuyo funcionamiento no ha sido validado o autorizado por una Norma Oficial Mexicana. Tampoco se cuenta con parámetros específicos de precisión, repetitividad o calidad de datos.

Alcances

El análisis estadístico se realizó con los datos provenientes del sistema instalado en la autopista México–Tuxpan para 2019. Se obtuvieron las estadísticas de peso, longitud y velocidad para los automóviles (Tipo A), autobuses (Tipo B) y vehículos de carga (Tipo C). Se realizó la comparación de los resultados con los obtenidos en 2016 y 2017.

Metodología

La metodología empleada en el presente trabajo se resume en los siguientes pasos.

- 1.- Formación de base de datos.
- 2.- Procesamiento de los datos.
- 3.- Análisis estadístico de datos.

4.- Presentación de resultados.

La formación, el procesamiento y análisis de datos se realizaron mediante los softwares para el manejo de bases de datos VisualFox y Minitab.

Los resultados, conclusiones y recomendaciones se presentan en los siguientes capítulos.

Con la culminación de este proyecto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y en general el sector transporte, cuenta con un análisis estadístico sobre la variación de las mediciones de pesos, dimensiones y velocidades de operación registrados por el sistema báscula–arco de los diversos vehículos que transitan por la autopista.

Con estos resultados, la SCT está en condiciones de determinar la confiabilidad de la información generada por el sistema.

Esta investigación se alinea con el objetivo prioritario 1 del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024 “Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal”, a su estrategia prioritaria 1.2 y sus acciones puntuales “Mejorar la seguridad vial en la Red Carretera Federal para el bienestar de todos los usuarios”, así como también a la acción puntual 1.5.5 “Aumentar la investigación científica y capacidad tecnológica vinculadas a las necesidades del sector”.

1. Estación de monitoreo báscula–arco

En este capítulo se realiza una descripción de las características geométricas de la autopista y de acuerdo con su clasificación, en cuanto a regulación o normatividad vigente, se indican los límites de peso, dimensiones y velocidad que deben cumplir los vehículos que circulen por ella.

1.1 Funcionamiento

La autopista México–Tuxpan cuenta con un sistema de monitoreo vehicular (clasificación, longitud, peso y velocidad).

Cuando circula un vehículo a través del sistema (arco y báscula) se registra su número de ejes, la separación entre ellos y su peso. Con base en un algoritmo, esa información se traduce en uno de los 13 grupos que considera la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos, (FHWA, por sus siglas en inglés).

1.2 Ubicación

La autopista México–Tuxpan tiene una longitud de 281 km, se comenzó a construir en 1993 y el último de los tramos, Nuevo Necaxa–Ávila Camacho se puso en operación en 2014. Une de forma directa a la Ciudad de México con el Golfo de México. En su recorrido pasa por los Estado de México, Puebla, Hidalgo, Tamaulipas y Veracruz. Los tiempos de recorrido promedio entre la Ciudad de México y el Puerto de Tuxpan, respecto al realizado antes de la puesta en operación de la autopista, se han reducido de 6 horas a 2 horas 45 minutos. Además de contribuir en el desarrollo económico de las diversas regiones por las que cruza, la autopista ha incrementado los índices de calidad del transporte de personas y mercancías.

La vialidad se compone de dos cuerpos (A y B), separados físicamente mediante una barrera de concreto tipo New Jersey. El cuerpo A, o sentido 1, corresponde a la circulación vehicular hacia Tuxpan y el cuerpo B, o sentido 2, hacia la Ciudad de México.

La sección transversal de cada cuerpo es de 10.1m, tienen 2 carriles de circulación por sentido, cada uno mide de 3.5m de ancho. De acuerdo con el sentido de circulación, los acotamientos del lado izquierdo miden 60 cm y los del lado derecho 2.5 m.

Se desarrolla, en su mayoría, en terreno montañoso, lo que implica cortes y terraplenes altos, con varios túneles, puentes y viaductos para salvar claros en

terreno muy abrupto. La pendiente longitudinal para el cuerpo A es del 1.3% y para el cuerpo B de 1.11%.

De acuerdo con las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, 2018), este tramo está clasificado como autopista A4, su velocidad de proyecto es de 110 km/h, pendiente gobernadora del 4% y pendiente máxima del 6%, su sección transversal es de 21 m de corona y 14 m de calzada. El espacio que recorre es, en su mayor parte, montañoso.

El tramo carretero Nuevo Necaxa–Tehuacán de la autopista México–Tuxpan se localiza dentro de la comunidad La Esperanza, del municipio de Tlacuilotepec, en el Estado de Puebla. El tramo es de cuota y tiene una longitud de 84.7 km que atraviesa los estados de Puebla y Veracruz, se divide en dos tramos: 1) Nuevo Necaxa–Ávila Camacho de 36.6 kilómetros de longitud y cuatro carriles de circulación, y 2) Ávila Camacho–Tehuacán de 48.1 kilómetros de longitud y dos carriles de circulación (véase Figura 1.1).

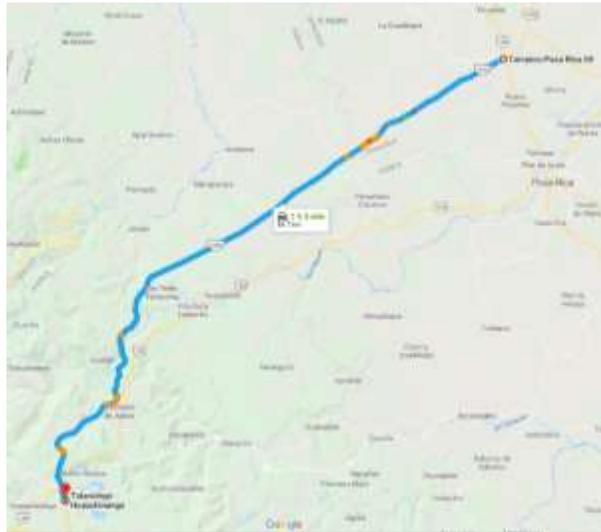


Figura 1.1 Tramo Nuevo Necaxa–Tehuacán de la Carretera México–Tuxpan

La ubicación específica del sistema de monitoreo es el kilómetro 169+200, en ambos sentidos. Se encuentra en la localidad La Esperanza, del municipio Tlacuilotepec, en el Estado de Puebla.

Cuenta con instrumentos para la medición dinámica (vehículo en movimiento) y el registro de datos. Para cada vehículo que circula, se obtiene la fecha y hora de circulación, el peso en cada eje y el peso bruto vehicular, la distancia entre ejes y la longitud total, velocidad y clasificación.

La Estación de Pesaje Dinámico 1 (EPD1) se ubica en el cuerpo A (sentido hacia Tuxpan) y la Estación de Pesaje Dinámico 2 (EPD2) se ubica en el cuerpo B (sentido hacia la Ciudad de México).

1.3 Clasificación vehicular

Los equipos instalados en las estaciones de la Autopista México–Tuxpan, además de contar vehículos de forma automática, registra longitud, número de ejes, distancia entre ellos y su peso. Mediante algoritmos, interpretan esa información para clasificar los vehículos de acuerdo con el sistema de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos, (FHWA, por sus siglas en inglés, XXXX), el cual contempla 13 clases (ver Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Clasificación vehicular de la FHWA

Clase y descripción	Ejemplos
I. Motocicletas	
II. Autos de pasajeros	
III. Unidades sencillas de 4 llantas	
IV. Autobuses	
V. Unidades sencillas, 2 ejes y 6 llantas	
VI. Unidades sencillas, 3 ejes	
VII. Unidades sencillas, 4 o más ejes	
VIII. Tracto camión, 4 o menos ejes	
IX. Tracto camión, 5 ejes	
X. Tracto camión, 6 o más ejes	
XI. Tracto camión doblemente articulado, 5 o menos ejes	
XII. Tracto camión doblemente articulado, 6 ejes	
XIII. Tracto camión doblemente articulado, 7 o más ejes	

En México, el autotransporte de pasajeros o mercancías puede ser un servicio público o privado. Los vehículos para el autotransporte de carga se clasifican de acuerdo con su configuración o composición (camiones unitarios o articulados, tracto camiones articulados o doblemente articulados) y el número de ejes.

La Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la SCT realiza anualmente el conteo y clasificación de los vehículos que circulan por las carreteras mexicanas, considera motos, autos, autobuses, camiones unitarios (C2 y C3), tractocamiones simplemente articulados (T3S2 y T3S3) y tractocamiones doblemente articulados (T3S2R4). Vehículos diferentes a éstos se clasifican como “Otros”.

Como la clasificación de la FHWA no se usa en México, es necesario establecer su correspondencia con la clasificación vehicular empleada en nuestro país establecida en la NOM-012-SCT-2-2017 (Norma 12). Ver Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Correspondencia entre la clasificación FHWA, SCT y Norma 12

Descripción	FHWA	SCT (datos viales)	Norma 12
Motocicletas	I	M	
Autos	II	A	
Utilitarios sencillos de 2 ejes y 4 llantas	III	A	
Autobús de 2 ejes	IV	B	B2
Autobús de 3 ejes			B3
Autobús de 4 ejes			B4
Utilitarios sencillos de 2 ejes y 6 llantas	V	A	
Camión unitario de 2 ejes		C2	C2
Unidades sencillas de 3 ejes	VI	C3	C3
Unidades sencillas de 4 o más ejes	VII	Otros	C4 ¹
Camión unitario de 2 ejes y remolque de 2 ejes	VIII	Otros	C2R2
Tractor de 2 ejes y semirremolque de 1 eje			T2S1
Tractor de 2 ejes y semirremolque de 2 ejes			T2S2
Tractor de 3 ejes y semirremolque de 1 eje			T3S1
Tractor de 3 ejes y semirremolque de 2 eje	IX	T3S2	T3S2
Camión de 3 ejes y remolque de 3 ejes	X	Otros	C3R3
Tractor de 3 ejes y semirremolque de 3 ejes		T3S2	T3S3
Tractor de 2 ejes, semirremolque de 1 eje y remolque de 2 ejes	XI	Otros	T2S1R2
Tractor de 2 ejes, semirremolque de 1 eje y remolque de 3 ejes	XII	Otros	T2S1R3
Tractor de 3 ejes, semirremolque de 1 eje y remolque de 2 ejes			T3S1R2
Tractor de 3 ejes, semirremolque de 2 ejes y remolque de 2 ejes	XIII	Otros	T3S2R2
Tractor de 3 ejes, semirremolque de 3 ejes y remolque de 4 ejes			T3S3R4 ¹
Tractor de 3 ejes, semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes			T3S2R4

Nota:1. Las configuraciones C4 y T3S3R4 no están consideradas por la NOM-012-SCT-2-2017

Fuente: elaboración propia con datos de FHWA y la NOM-012-SCT-2-2017

1.4 Regulaciones Vigentes

Desde principios de la década de los sesenta del siglo pasado, la normativa mexicana (entonces Ley de Vías Generales de Comunicación) ha clasificado las carreteras y establecido límites de pesos y dimensiones de los vehículos que circulan en ellas. Actualmente la Norma Oficial Mexicana NOM–012–SCT–2–2017 (Norma 12) establece, para el autotransporte de pasajeros y carga, las configuraciones vehiculares permitidas, los límites de peso bruto vehicular y las dimensiones máximas de los vehículos

De acuerdo con lo establecido en la Norma 12, la autopista México–Tuxpan es una carretera tipo A4, los pesos brutos vehiculares (PBV) máximos permitidos se indican en la Tabla 1.3 y la longitud en la Tabla 1.4.

Tabla 1.3 PBV máximo permitido en carreteras ET y A

Configuración	N° de Ejes	N° de llantas	PBV (Ton)
B2	2	6	19.00
B3	3	8	24.00
B3	3	10	27.50
B4	4	10	30.50
C2	2	6	19.00
C3	3	8	24.00
C3	3	10	27.50
C2–R2	4	14	37.50
C3–R2	5	18	44.50
C3–R3	6	22	51.50
C2–R3	5	18	44.50
T2–S1	3	10	30.00
T2–S2	4	14	38.00
T3–S2	5	18	46.50
T3–S3	6	22	54.00
T2–S3	5	18	45.50
T3–S1	4	14	38.50
T2–S1–R2	5	18	47.50
T2–S1–R3	6	22	54.50
T2–S2–R2	6	22	54.50
T3–S1–R2	6	22	54.50
T3–S1–R3	7	26	60.50
T3–S2–R2	7	26	60.50
T3–S2–R3	8	30	63.00
T3–S2–R4	9	34	66.50
T3–S3–S2	8	30	60.00
T2–S2–S2	6	22	51.50
T3–S2–S2	7	26	58.50

Fuente: elaboración propia con base en la NOM–012–SCT–2–2017

Tabla 1.4 Longitud máxima permitida en carreteras ET y A

Vehículo	N° de ejes	N° de llantas	Longitud
B2	2	6	14.0
B3	3	8	14.0
B3	3	10	14.0
B4	4	10	14.0
C2	2	6	14.0
C3	3	8	14.0
C3	3	10	14.0
C2-R2	4	14	31.0
C3-R2	5	18	31.0
C3-R3	6	22	31.0
C2-R3	5	18	31.0
T2-S1	3	10	23.0
T2-S2	4	14	23.0
T3-S2	5	18	23.0
T3-S3	6	22	23.0
T2-S3	5	18	23.0
T3-S1	4	14	23.0
T2-S1-R2	5	18	31.0
T2-S1-R3	6	22	31.0
T2-S2-R2	6	22	31.0
T3-S1-R2	6	22	31.0
T3-S1-R3	7	26	31.0
T3-S2-R2	7	26	31.0
T3-S2-R4	9	34	31.0
T3-S2-R3	8	30	31.0
T3-S3-S2	8	30	31.0
T2-S2-S2	6	22	31.0
T3-S2-S2	7	26	31.0

Fuente: elaboración propia con base en la NOM-012-SCT-2-2017

Con respecto a la velocidad, el Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal (RTCPJF, 2012) establece las velocidades máximas para autos, autobuses y vehículos de carga, de acuerdo con el tipo de vialidad y las condiciones de luz natural (día o noche). Se muestran en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 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

Fuente: elaboración propia con base en RTCPJF, 2012

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 cuando sea menor a 80 km/h.

El límite de velocidad correspondiente con la normativa para el tramo carretero en estudio es de 110 km/h para automóviles, 95 km/h para los autobuses y 80 km/h para las distintas configuraciones de carga.

1.5 Descripción de la base de datos

Los datos proporcionados para el estudio están en archivos electrónicos con el formato de hoja de cálculo Microsoft Excel, cada renglón corresponde a un vehículo registrado, las dos primeras columnas identifican la báscula, las siguientes contienen fecha y hora de registro, velocidad, longitud (en pies), categoría (clasificación vehicular FHWA), peso total (kilogramos), número de ejes y el peso registrado en cada uno.

Los archivos se convirtieron al formato de bases de datos VisualFox y se agregaron campos convenientes para el procesamiento.

La información usada en este estudio comprende los meses de enero a diciembre de 2019. Se detectó que el registro tiene una discontinuidad, ya que para el mes de febrero únicamente se cuenta con información correspondiente a dos días de ese mes. Lo anterior en ambos sentidos.

2. Resultados del procesamiento estadístico

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos mediante el procesamiento estadístico de los datos para el tránsito, el peso bruto vehicular, la velocidad y la longitud.

2.1 Vehículos registrados

El número total de vehículos registrados por el sistema de pesaje dinámico, durante los 339 días analizados en 2019, fue de 5 millones 53 mil 185. El tránsito diario promedio anual (TDPA), correspondiente fue de 14 mil 906 vehículos, el considerado en la etapa de proyecto sería de 10 mil 500 vehículos diarios y el obtenido para 2017 de 7 mil 243. La tabla 2.1 concentra los resultados anteriores.

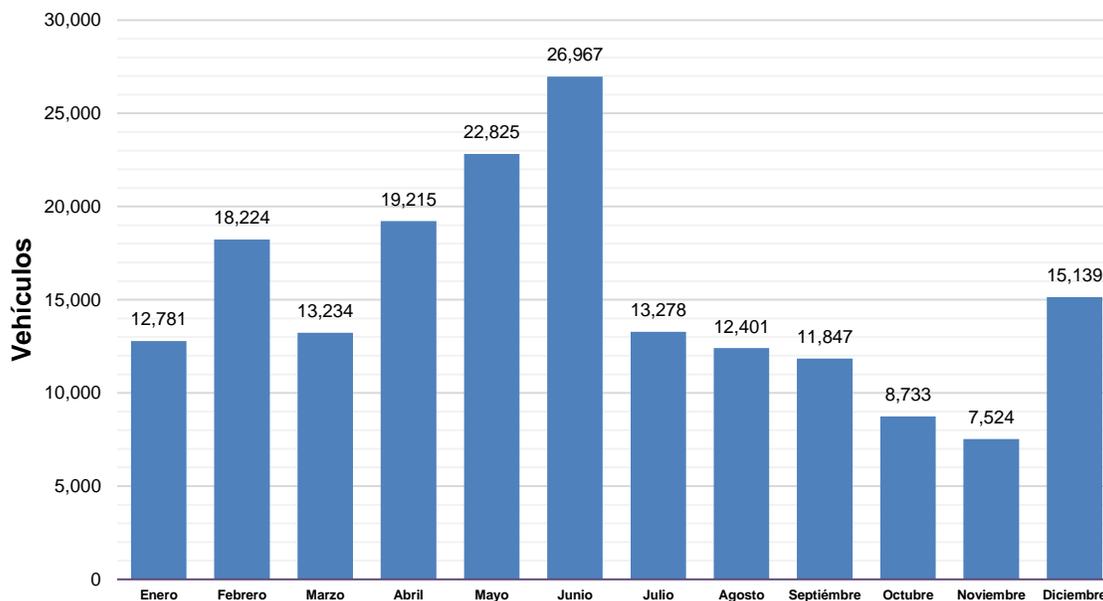
Tabla 2.1 Vehículos registrados en 2019

Mes	Días	Vehículos	Promedio
Enero	31	396 199	12 781
Febrero	2	36 448	18 224
Marzo	31	410 255	13 234
Abril	30	576 460	19 215
Mayo	31	707 590	22 825
Junio	30	809 000	26 967
Julio	31	411 625	13 278
Agosto	31	384 426	12 401
Septiembre	30	355 419	11 847
Octubre	31	270 718	8 733
Noviembre	30	225 723	7 524
Diciembre	31	469 322	15 139
Todos	339	5 053 185	14 906

Fuente: elaboración propia

En junio se obtuvo el mayor promedio diario. Para el mes de febrero solo se cuenta con el registro de dos días

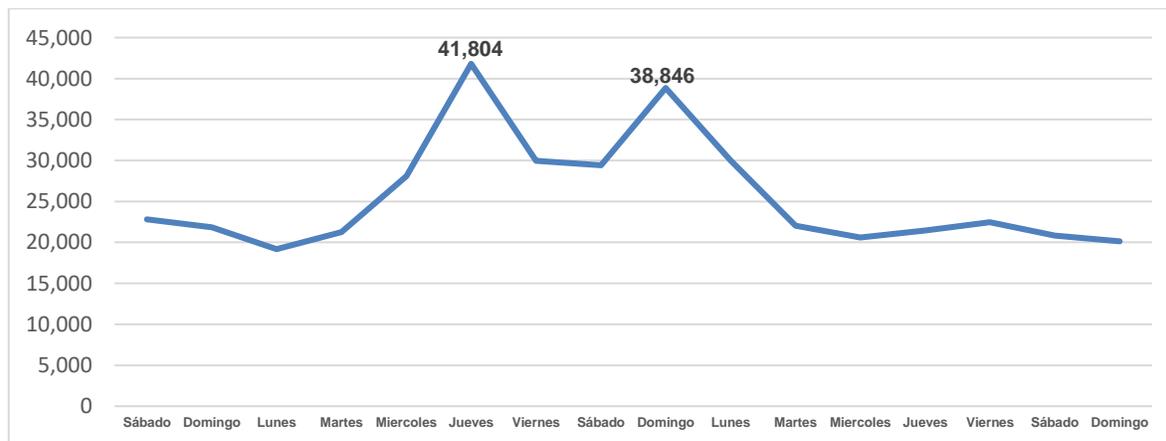
El tránsito diario promedio mensual se muestra en la Gráfica 2.1



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.1 Tránsito diario promedio mensual

El periodo vacacional escolar correspondiente a semana santa comenzó el sábado 13 de abril y terminó el domingo 28. El jueves 18, jueves santo, se registró el mayor aforo del año, 41 mil 804 vehículos, el segundo mayor aforo anual se registró el domingo 21 de abril, domingo de resurrección, con 38 mil 846 vehículos. En la Gráfica 2.2 se muestra el promedio del tránsito diario en el periodo.

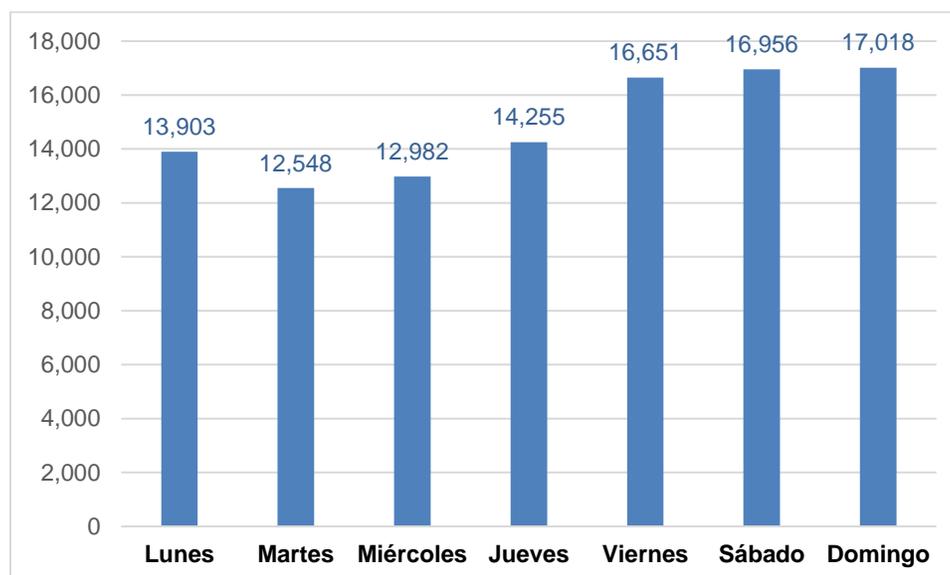


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.2 Tránsito diario registrado del 13 al 21 de abril de 2019

El viernes 26 de julio se registró el menor tránsito, 2 mil 753 vehículos.

El tránsito promedio diario por día de la semana se muestra en la Gráfica 2.3. Los días viernes, sábado y domingo son los que registraron el mayor promedio.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.3 Tránsito diario promedio por día de la semana

2.2 Distribución vehicular

La distribución vehicular para los 339 días analizados y de acuerdo con la clasificación mostrada en la tabla 1.1 se presenta en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Clasificación vehicular de la FHWA

Clase y descripción	Aforo	%
0 No clasificados	28 455	0.56
1 Motocicletas	80 018	1.58
2 Autos de pasajeros	2 327 250	46.06
3 Unidades sencillas de 4 llantas	1 011 820	20.02
4 Autobuses	304 206	6.02
5 Unidades sencillas, 2 ejes y 6 llantas	297 081	5.88
6 Unidades sencillas, 3 ejes	241 173	4.77
7 Unidades sencillas, 4 o más ejes	48 335	0.96
8 Tracto camión, 4 o menos ejes	411 538	8.14
9 Tracto camión, 5 ejes	140 868	2.79
10 Tracto camión, 6 o más ejes	905	0.02
11 Tracto camión doblemente articulado, 5 o menos ejes	161 536	3.20
12 Tracto camión doblemente articulado, 6 ejes	28 455	0.56
13 Tracto camión doblemente articulado, 7 o más ejes	80 018	1.58
Suma	5 053 185	100.00

Un porcentaje menor al 1% de los vehículos no fue clasificado en alguna de las categorías.

De acuerdo con la clasificación vehicular, el número de ejes registrado, el peso bruto vehicular registrado, se realiza una nueva clasificación en la base de datos denominada “Vehículo” de acuerdo con las configuraciones vehiculares que circulan en las carreteras nacionales. Por ejemplo, a los vehículos sin clasificación “Otros” se les asigna el tipo de vehículo correspondiente al número de ejes registrado, se diferencian autobuses de 2 y 3 ejes, también los utilitarios tipo pick up y camiones C2. La tabla 2.3 muestra algunos ejemplos.

Tabla 2.3 Clasificación vehicular de la FHWA

Categoría	FHWA	Vehículo
OTROS	0	Otro
OTROS	0	T2S2
OTROS	0	T3S2
OTROS	0	T3S3
BUSES	4	B2
BUSES	4	B3
SU-2 EJES	5	C2
SU-2 EJES	5	U
SU-3 EJES	6	C3
ST-3 O 4 EJES	8	C3
ST-3 O 4 EJES	8	T2S2
ST-3 O 4 EJES	8	U
ST-5 O MAS EJES	9	T2S2
ST-5 O MAS EJES	9	T3S2
MT-6 EJES	10	T2S2
MT-6 EJES	10	T3S3
ST-6 O MAS EJES	10	T2S2
ST-6 O MAS EJES	10	T3S2
ST-6 O MAS EJES	10	T3S3
MT-5 O MENOS EJES	11	T2S2
MT-5 O MENOS EJES	11	T3S2
MT-7 O MAS EJES	13	Otro
MT-7 O MAS EJES	13	T3S2
MT-7 O MAS EJES	13	T3S2R2
MT-7 O MAS EJES	13	T3S2R3
MT-7 O MAS EJES	13	T3S2R4

Con ésta reclasificación, en la tabla 2.4 se muestra la distribución vehicular de los datos recopilados en la estación objeto del presente estudio.

Tabla 2.4 Distribución vehicular

Tipo	Vehículos	%
A	2 327 250	46.06
U	1 105 283	21.87
T3S2	417 179	8.26
C3	249 358	4.93
B2	241 076	4.77
C2	204 382	4.04
T3S2R3	147 421	2.92
T3S3	144 668	2.86
M	80 018	1.58
B3	63 130	1.25
T2S2	45 298	0.90
O	14 330	0.28
T3S2R2	8 855	0.18
T3S2R4	4 937	0.10
Sumas	5 053 185	100.00

Fuente: elaboración propia

La participación del T3S2R4 y el T3S2R3 en la composición vehicular no corresponde con los porcentajes obtenidos en el EECAN. De 2000 a 2017, considerando sólo los vehículos de carga, en ese periodo y para todas las estaciones, los T3S2R4 representan el 16% y los T3S2R3 el 0.1%.

Con el objeto de verificar la supuesta incongruencia, se comparará la distribución obtenida anteriormente (tabla 2.4) y la correspondiente a la distribución publicada en Datos Viales para el año 2019 (Figura 2.1)

54 CARR: Nuevo Necaxa - Tihuatlán (Cucta)		CLAVE:												RUTA: MEX-132D		AÑO: 2019								
LUGAR		ESTACION		CLASIFICACIÓN VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS								
		EN	TE	AC	TDP	B	A	S	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R3	T3S2R4	Otros	A	B	C	F	D	LATITUD	LONGITUD		
T. C. Tejocotal - Nuevo Necaxa (Cucta)		0.00																						
T. Ramal a Avila Canascho		36.65	1	1	3373	0.3	60.5	6.9	11.1	4.4	7.9	4.1	4.4	0.4	60.8	6.9	32.3	0.119	0.508	20.433513	-97.907899			
T. Ramal a Avila Canascho		36.65	1	2	3501	0.6	63.7	6.2	9.7	4.3	7.6	3.7	3.8	0.4	64.3	6.2	29.5	0.082	0.508	20.433531	-97.907907			
T. Ramal a Avila Canascho		36.65	3	1	2546	0.7	67.2	6.6	8.3	2.7	7.2	2.3	4.2	0.8	67.9	6.6	25.5	0.098	0.503	20.442354	-97.887905			
T. Ramal a Avila Canascho		36.65	3	2	2618	0.7	64.6	7.3	8.3	2.9	8.3	2.5	4.6	0.8	65.3	7.3	27.4	0.079	0.503	20.442379	-97.887525			
X. C. Villa Lázaro Cárdenas - Mecapalapa		45.00	1	0	4069	0.7	62.2	7.9	7.5	3.6	8.3	3.3	5.6	0.9	62.5	7.5	29.2	0.095	0.514	20.488880	-97.800179			
X. C. Villa Lázaro Cárdenas - Mecapalapa		45.00	3	0	4643	1.6	68.1	8.9	6.5	3.0	6.6	2.9	3.5	0.9	69.7	8.9	23.4	0.088	0.504	20.506767	-97.773850			
Lim. Edo. Tam. Pue. Pto. Ver.		99.90																						
Tihuatlán		84.78	1	0	4865	0.8	66.2	7.7	6.7	3.0	7.7	3.1	3.9	0.9	67.0	7.7	25.3	0.084	0.503	20.857006	-97.629877			

Fuente: Datos Viales (DGST, 2020)

Figura 2.1 Datos Viales de la carretera Nuevo Necaxa–Tihuatlán en 2019

Para hacer la comparación, los registros correspondientes a autos y utilitarios de la báscula dinámica se agrupan en vehículos tipo A y los autobuses de dos y tres ejes en vehículos tipo B. Las demás configuraciones (Motos, C2, C3, T3S2, T3S3 y

T3S2R4) son las mismas. Los vehículos no contemplados se incorporaron a “otros” (ver Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Comparación de distribuciones báscula vs Datos Viales

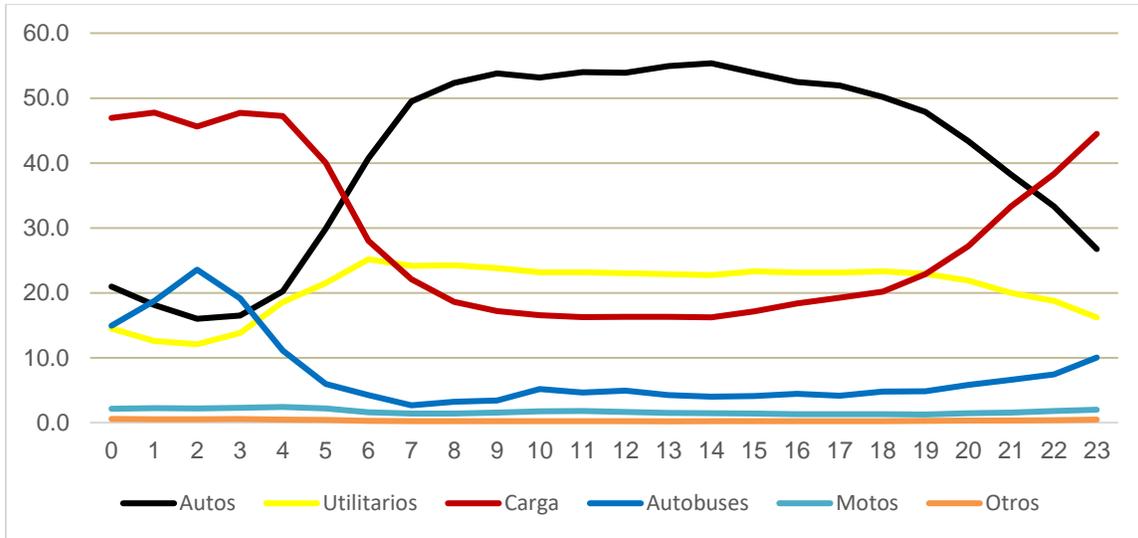
Clase	Tipo	Distribución	
		Báscula	Datos viales 2019
2 y 3	A	67.9	66.2
9	T3S2	8.3	7.7
4	Autobuses	6.0	7.7
6	C3	5.0	3.0
5	C2	4.0	6.7
10	T3S3	2.8	3.1
1	Motos	1.6	0.8
	Otros	0.3	0.9
13	T3S2R4	0.1	3.9

Fuente: elaboración propia

Con el ajuste realizado en la clasificación, los porcentajes de participación en la composición vehicular son parecidos a los publicados en Datos Viales, excepto los obtenidos para el T3S2R4.

El porcentaje obtenido en la base de datos para el T3S2R4 es muy inferior a los obtenidos en el EECAN y a lo publicado en Datos Viales. Con base en lo anterior, se puede observar o deducir que el algoritmo del sistema no clasifica correctamente a algunas configuraciones, especialmente los T3S2R4, probablemente los “confunde” con los T3S2R3 o no los clasifica.

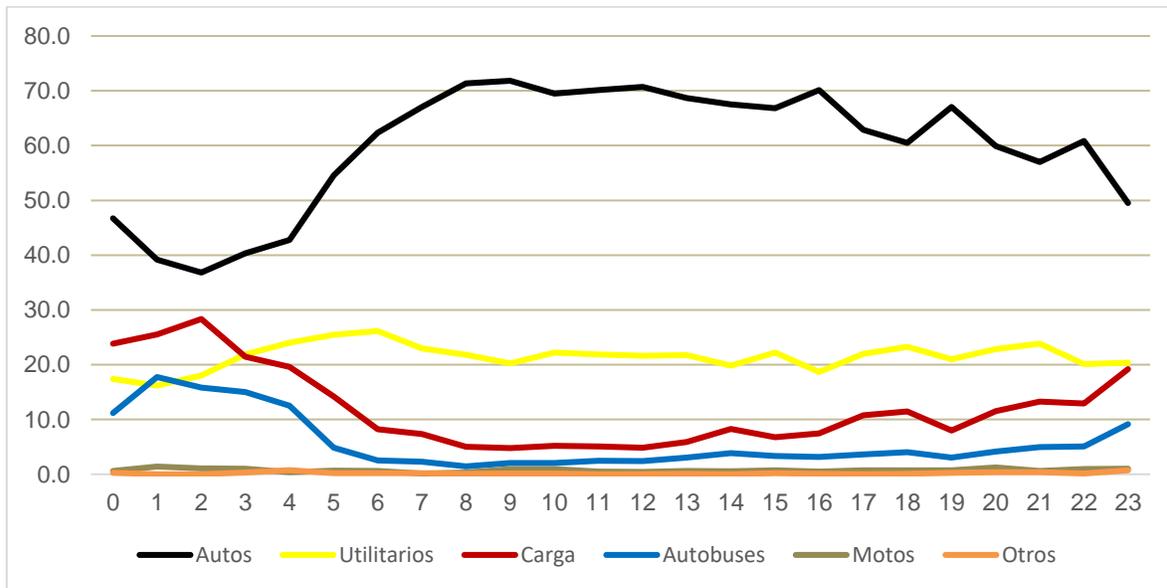
En general, los autos son los vehículos que más participan en la composición del tránsito vehicular total (46.1%). Sin embargo, a lo largo del día, la composición promedio varía; los vehículos de carga tienen más participación en el intervalo que comienza a las 22:00 y termina a las 05:00 horas del siguiente día. La mayor proporción de autobuses que pasan por el sitio ocurre de las 23:00 a las 04:00 horas (ver Gráfica 2.4).



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.4 Distribución promedio horaria

En contraste, el 18 de abril, el día de mayor aforo registrado durante el año y en periodo vacacional (jueves santo), los autos tienen la mayor proporción durante todo el día y llegan a representar más del 70% del tránsito. (ver Gráfica 2.5).



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.5 Distribución promedio horaria 13 de abril de 2019

2.3 Peso bruto vehicular

Como se ha mencionado anteriormente, la versión vigente de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2017 (Norma 12), 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. Los autos y los utilitarios no son considerados por la norma, los análisis del presente estudio, en cuanto a PBV, se realizan para autobuses y configuraciones de carga.

La Autopista México-Tuxpan está clasificada como ET (eje de transporte), por lo que la referencia será los pesos máximos permitidos para este tipo de carreteras. No se consideran el incremento de 1.5 toneladas por eje motriz y 1.0 toneladas por eje de carga que considera la norma para los tractocamiones doblemente articulados debido a que mediante el sistema no se puede comprobar que se cumplan las especificaciones técnicas, disposiciones de seguridad y de control.

En la Tabla 2.6 se muestra el PBV máximo permitido para carreteras ET.

Tabla 2.6 PBV máximo en carreteras ET, en toneladas

Tipo de vehículo		PBV máximo
FHWA	NOM-012-SCT	
4	B2	19.0
4	B3	24.0
5	C2	19.0
6	C3	27.5
8	T2S1	30.0
8	T2S2	38.0
9	T3S2	46.5
10	T3S3	54.0
11	C2R2	37.5
11	T2S1R2	47.5
12	T3S1R2	54.5
13	T3S2R2	60.5
13	T3S2R3	63.0
13	T3S2R4	66.5

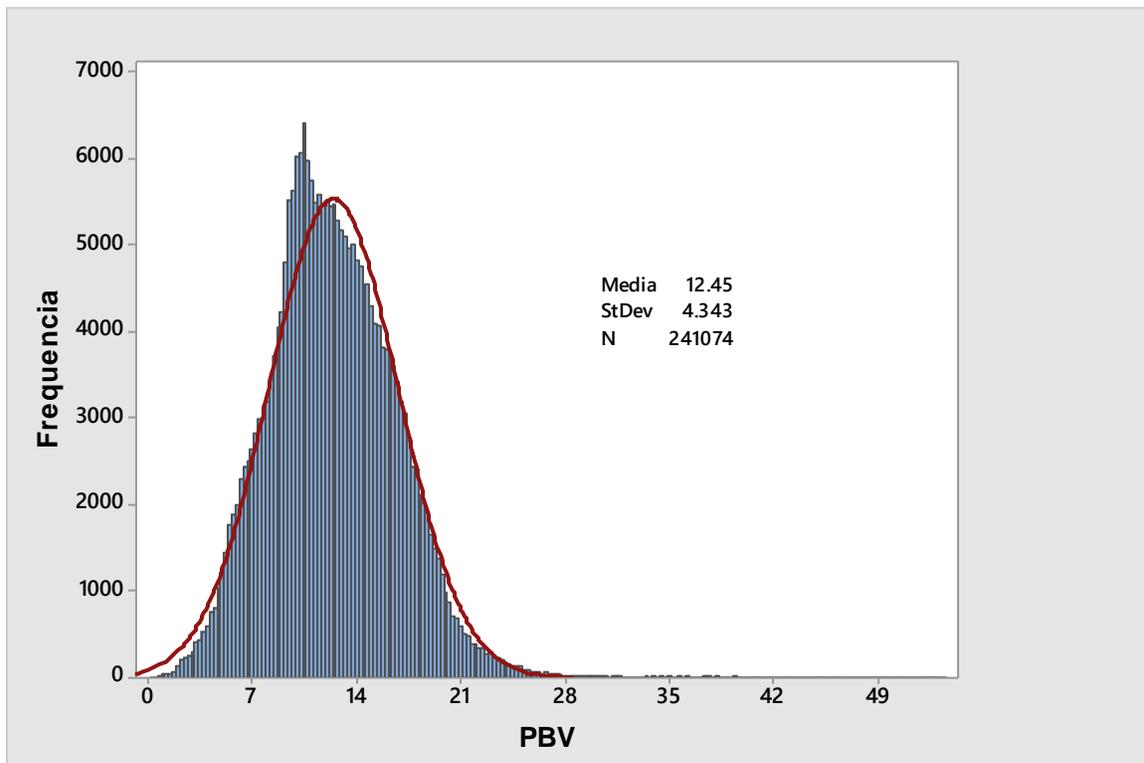
Fuente: elaboración propia con base en la Norma 12

2.3.1 Autobuses de dos ejes B2

Se registraron 241 mil 74 autobuses de dos ejes. Los pesos brutos sin pasajeros deberían de oscilar entre las 9 y 13 toneladas aproximadamente, y los pesos a plena capacidad de 13 a 18 toneladas. Para el 5.5% de los registros, los PBV son menores a 6 toneladas y para el 3.8% los pesos fueron mayores a 20 toneladas.

Para 4 mil 251 registros (1.8% del total) la suma del peso en los dos ejes (E01+E02) no fue igual al PBV registrado por el sistema, para casi todos esos registros la diferencia entre el PBV y la suma E01+E02 es insignificante, de 5 a 10 kg, y en solo dos registros la diferencia fue de -65.5 toneladas.

Considerando únicamente los registros sin diferencia significativa, 241 mil 74, en la Gráfica 2.6 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, así como la media y desviación estándar. El 6% de los autobuses excede el PBV permitido

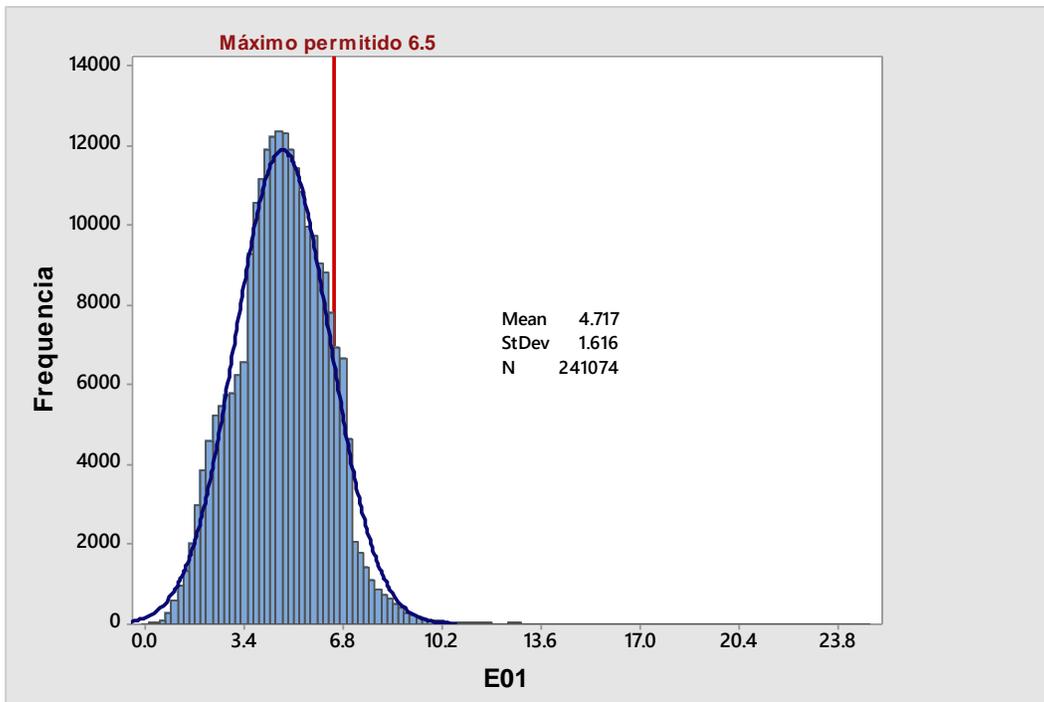


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.6 B2, histograma de frecuencias del PBV

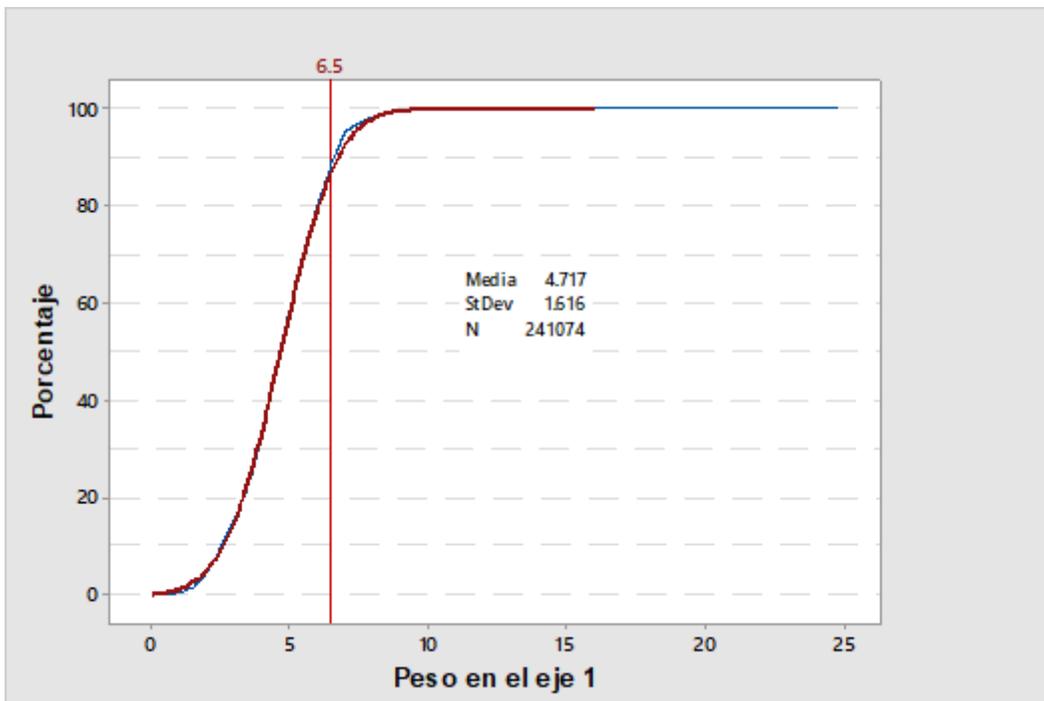
En la Gráfica 2.7 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y en la Gráfica 2.8 su distribución de frecuencias acumuladas. El 12% de los autobuses excede el peso permitido para el primer eje.

En la Gráfica 2.9 se muestra la distribución del peso en el eje 2 y en la Gráfica 2.10 su distribución de frecuencias acumuladas. El 5.2% de los autobuses excede el peso permitido para el segundo eje.



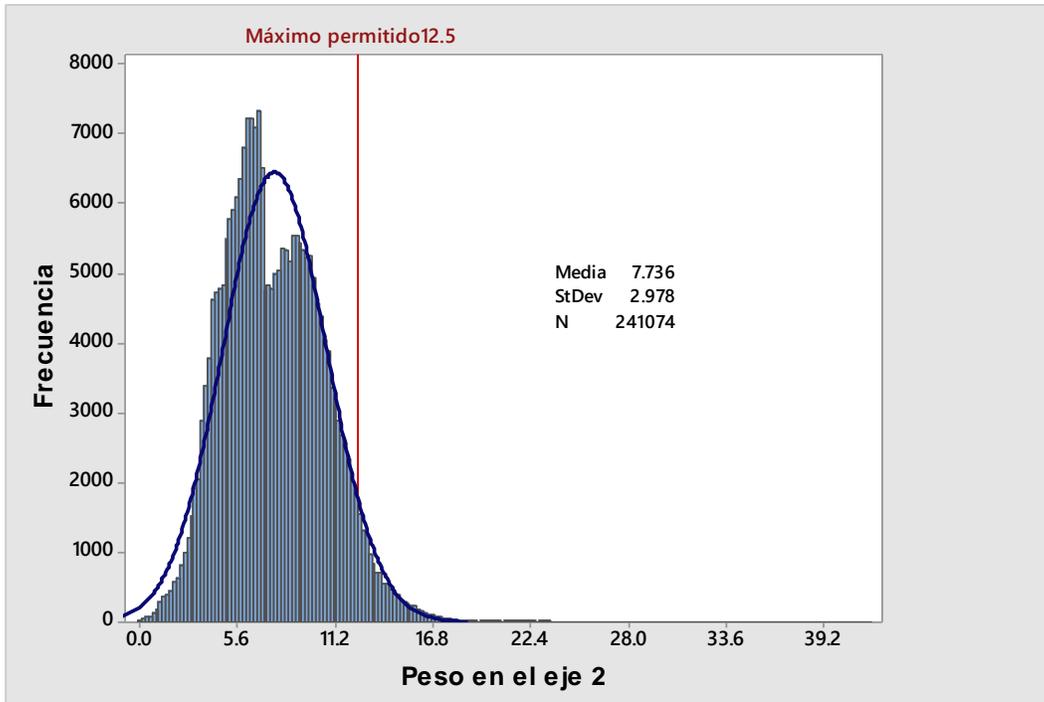
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.7 B2, histograma de distribución de frecuencias del peso en el eje 1



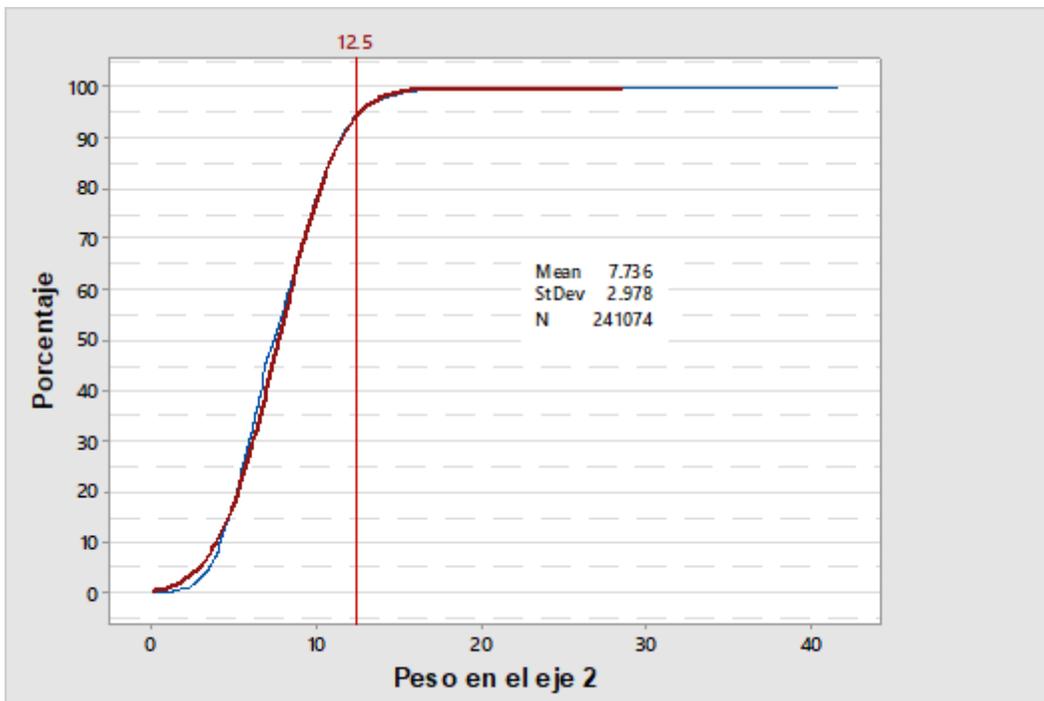
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.8 B2, distribución de frecuencias acumuladas del peso en el eje 1



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.9 B2, histograma de distribución de frecuencias del peso en el eje 2



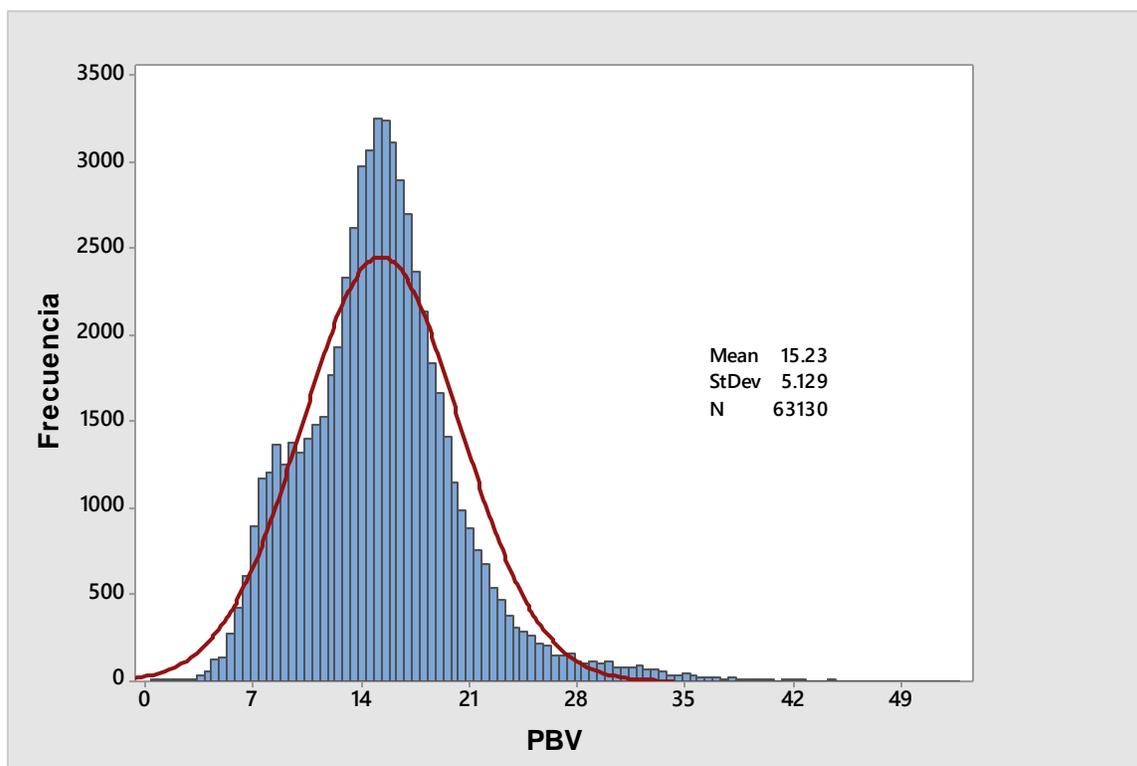
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.10 B2, distribución de frecuencias acumuladas del peso en el eje 2

2.3.2 Autobuses de tres ejes B3

Se registraron 63 mil 130 autobuses de tres ejes. Los pesos brutos sin pasajeros deberían oscilar entre las 17 y 23 toneladas aproximadamente, y los pesos a plena capacidad de 25 a 30 toneladas.

En la Gráfica 2.11 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, la media y desviación estándar.



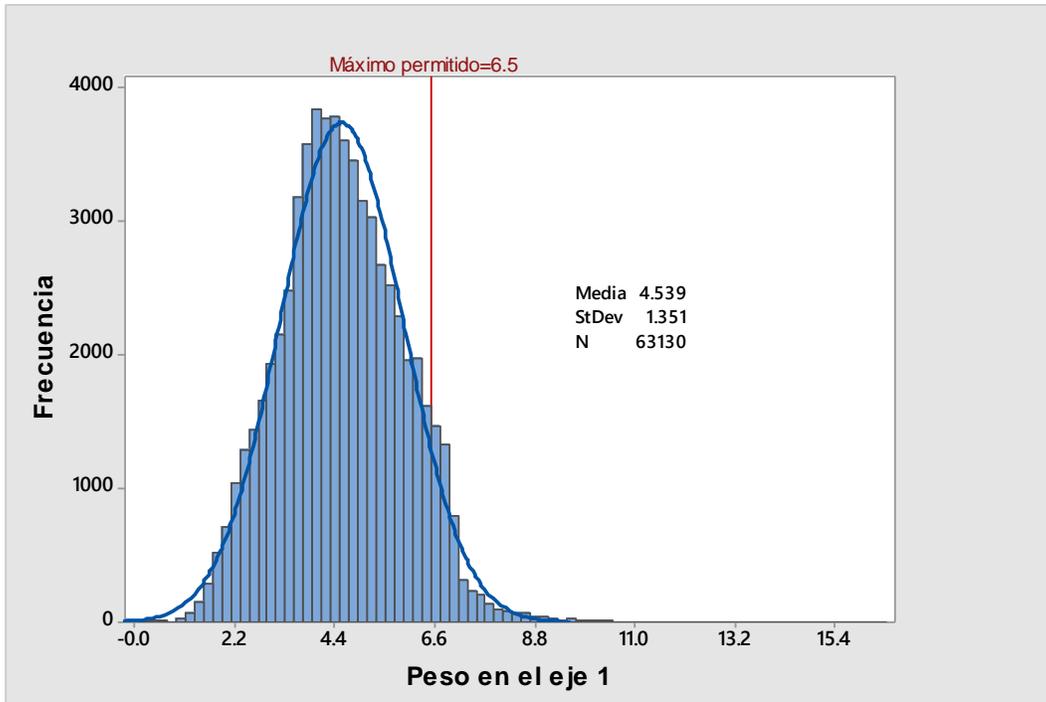
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.11 B3, histograma de frecuencias del PBV

El 15% de los autobuses B3 registraron PBV menores a 10 toneladas y el 4.8% excedió las 24 toneladas permitidas.

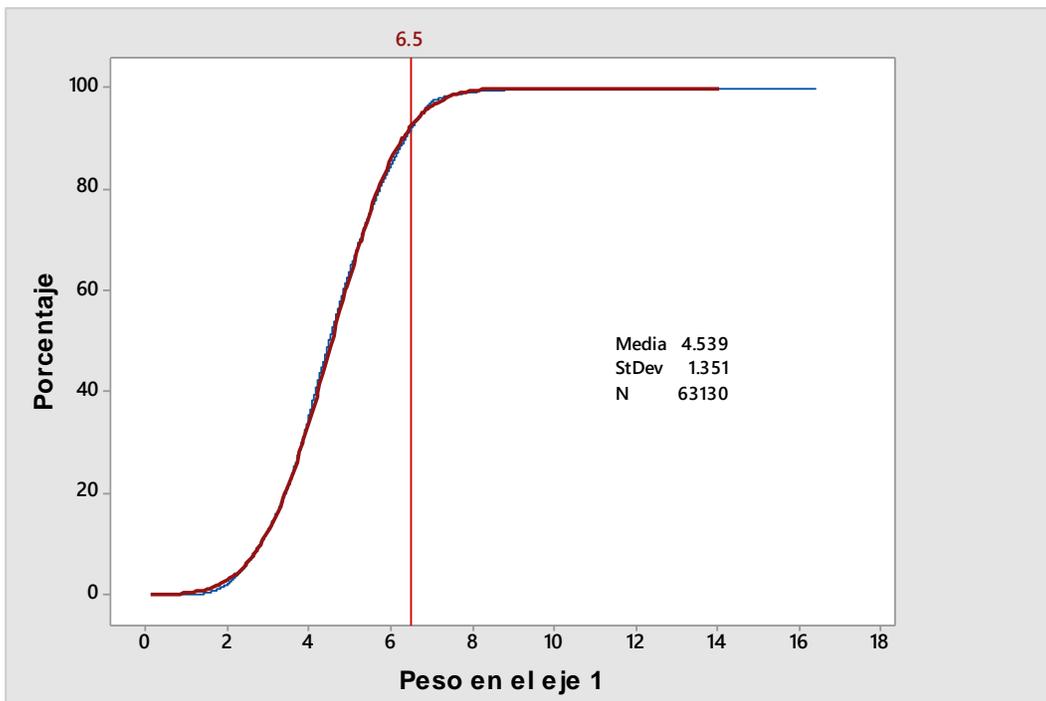
En la Gráfica 2.12 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y en la Gráfica 2.13 se muestra la distribución de frecuencias acumuladas. El 7.8% de los autobuses B3 excede las 6.5 toneladas permitidas en el eje 1.

La Gráfica 2.14 muestra la distribución del eje tándem (suma de los pesos en el segundo y tercer eje) y la Gráfica 2.15 su distribución de frecuencias acumuladas. El 5.5% excede el peso máximo permitido en el eje tándem.



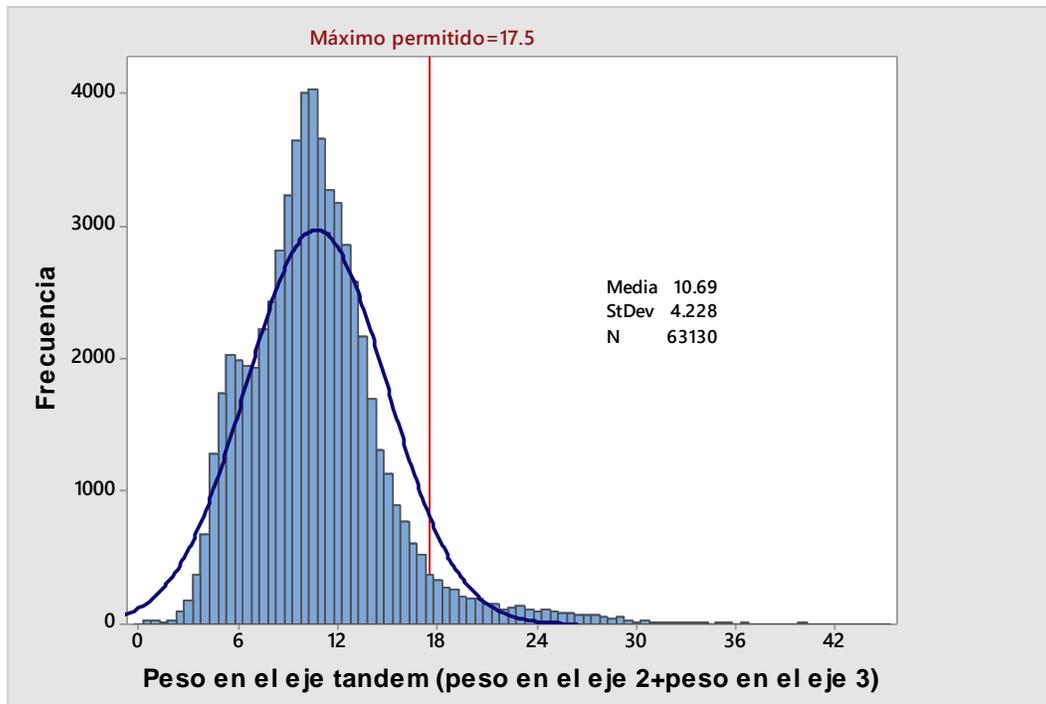
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.12 B3, histograma de distribución de frecuencias del peso en eje 1



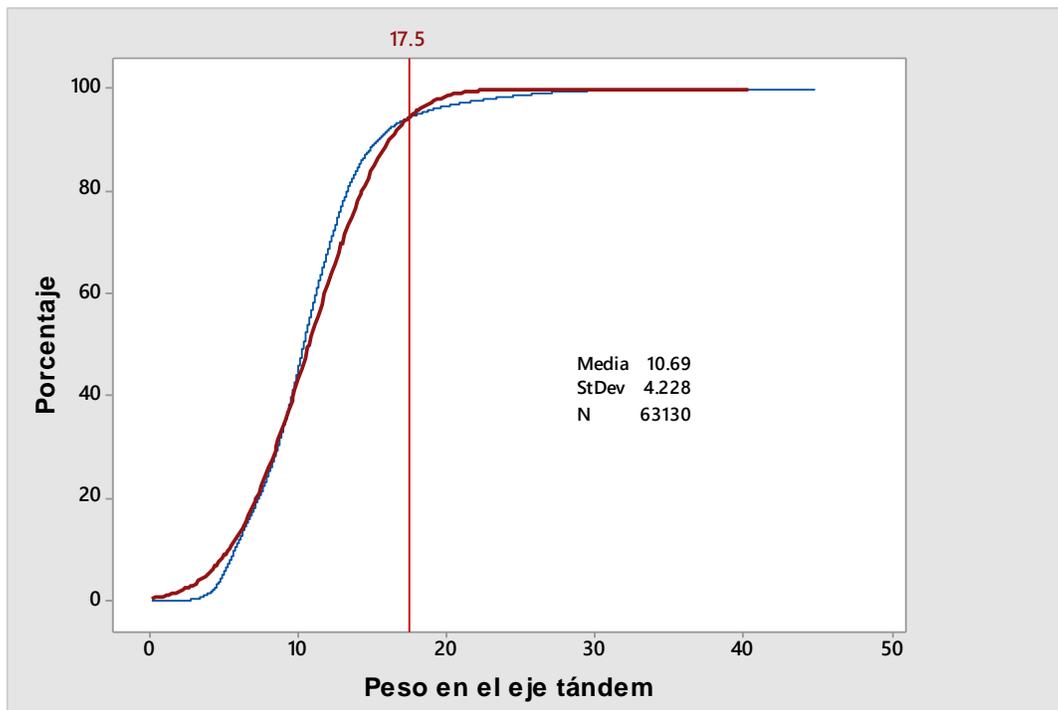
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.13 B3, distribución de frecuencias acumuladas, peso en eje 1



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.14 B3, histograma de distribución de frecuencias en eje tándem



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.15 B3, distribución de frecuencias acumuladas, peso en eje tándem

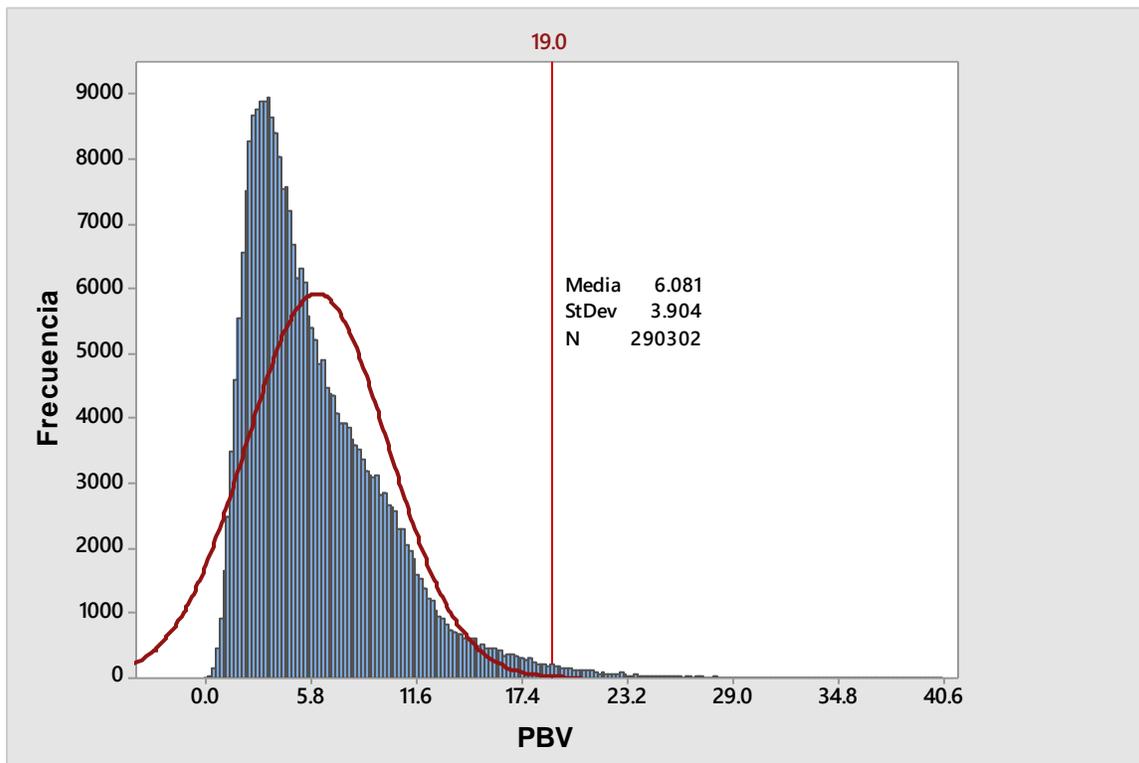
2.3.3 Camión de dos ejes C2

El sistema de pesaje incluye en la categoría 5 “SU-2 EJES” a vehículos utilitarios y camiones de dos ejes. Para diferenciarlos, se ha tomado en cuenta la longitud y el peso de los vehículos. De esta forma, se obtuvieron 290 mil 302 registros C2, sólo en dos de ellos no se registró peso en el primer eje y en 8 no se registró peso en el segundo eje.

La diferencia entre el PBV registrado y la suma del peso en sus dos ejes es insignificante.

El peso bruto de los C2 sin carga registrado en el EECAN ha estado alrededor de 5 toneladas, y los pesos a plena capacidad en 10 toneladas. De los datos del arco, para el 36% de los registros se obtuvieron PBV menores a 4 toneladas y para menos del 1.0% pesos mayores a 20 toneladas.

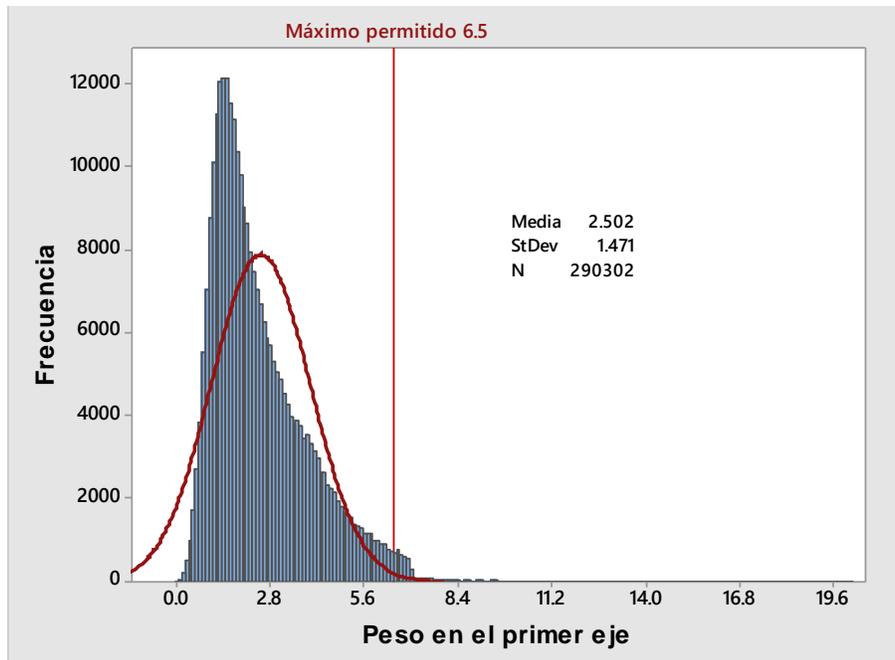
En la Gráfica 2.16 se muestran los histogramas de frecuencias para el PBV



Fuente: elaboración propia

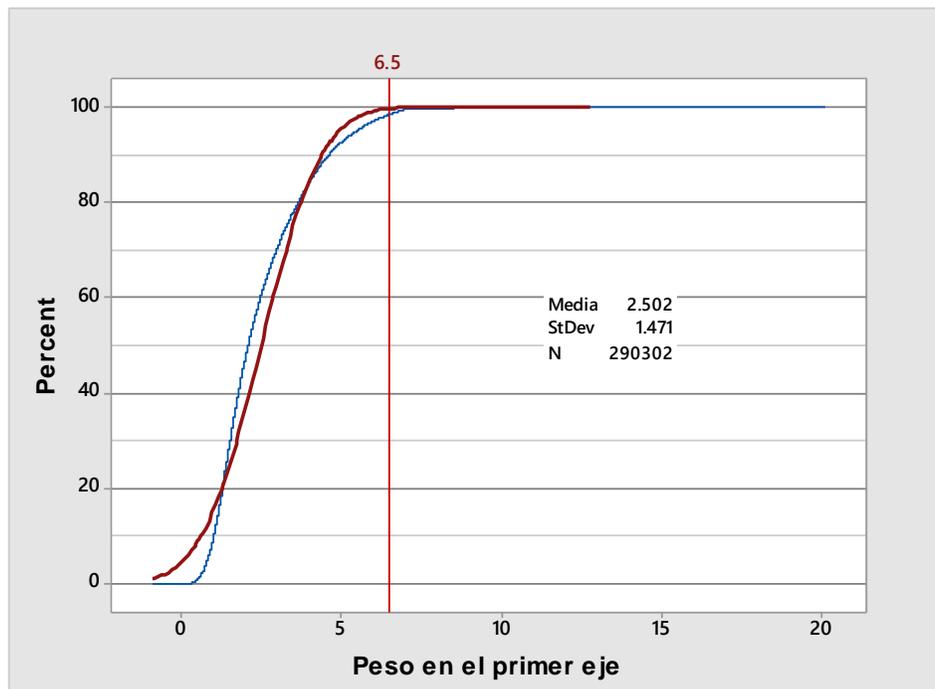
Gráfica 2.16 C2, histograma de frecuencias del PBV

En la Gráfica 2.17 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y la Gráfica 2.18 su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.19 se muestra la distribución del peso en el eje 2 y la Gráfica 2.20 su distribución de frecuencias acumuladas



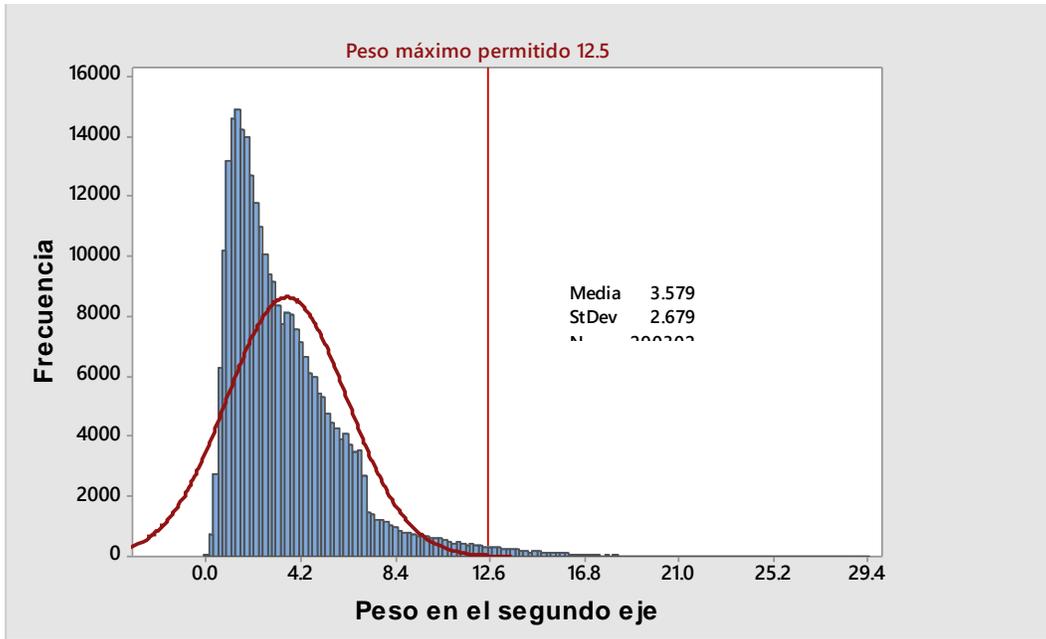
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.17 C2, distribución de frecuencias del peso en el eje 1



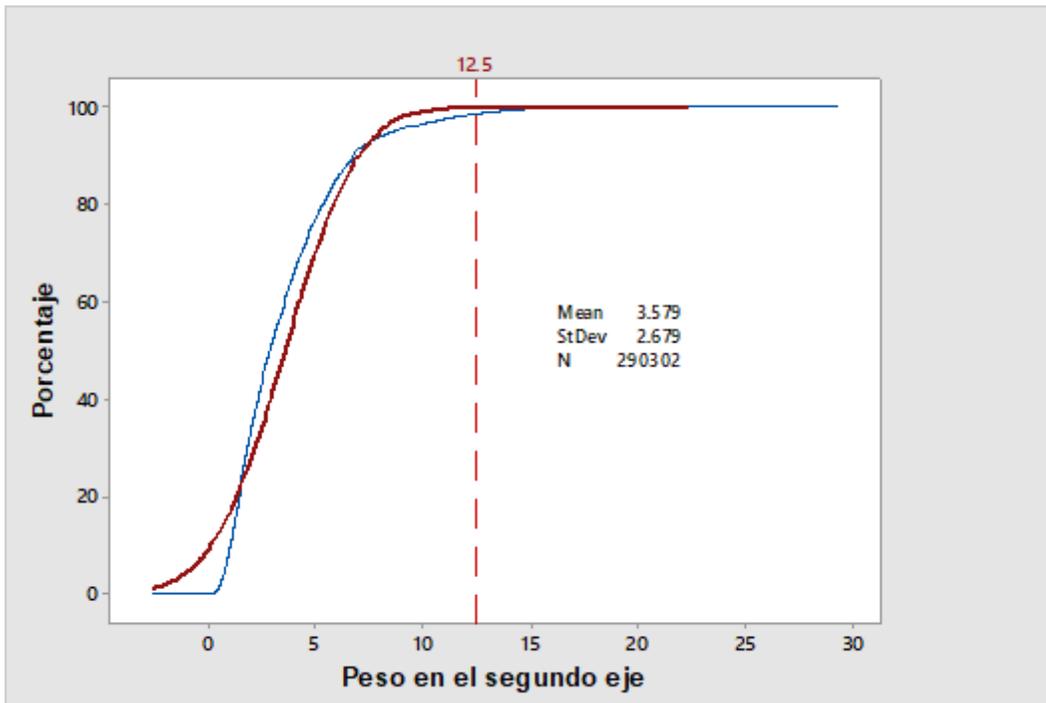
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.18 C2, frecuencias acumuladas del peso en el eje 1



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.19 C2, distribución de frecuencias del peso en el eje 2



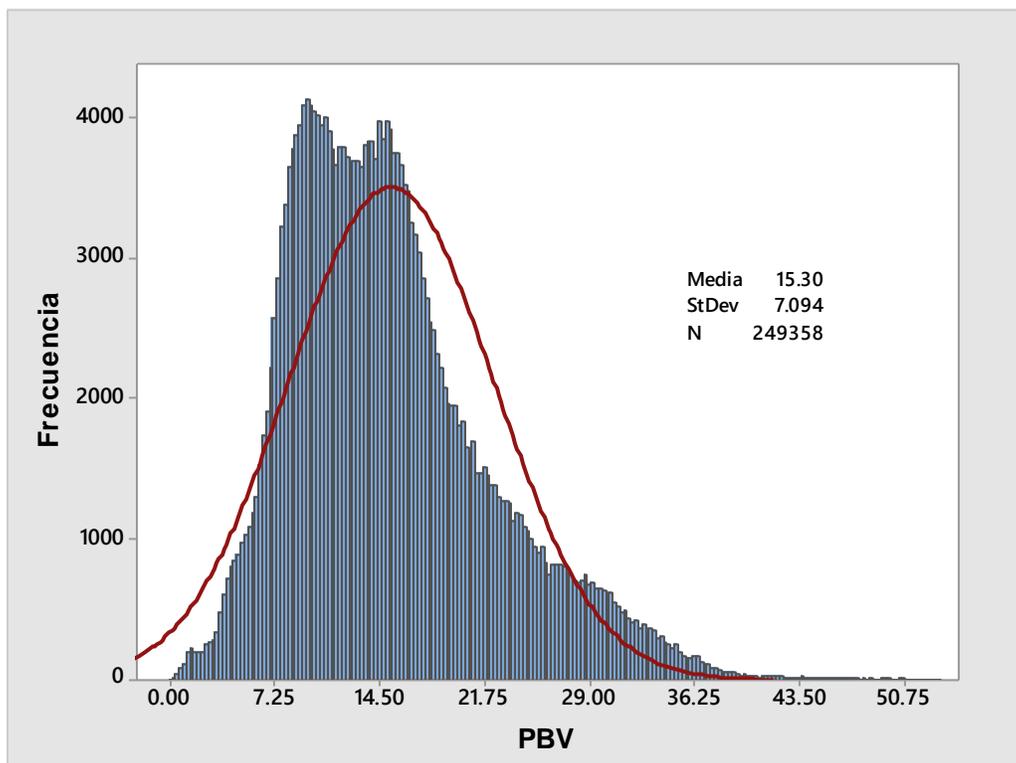
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.20 C2 frecuencias acumuladas del peso en el eje 2

2.3.4 Camión de tres ejes C3

Se registraron 249 mil 358 camiones de tres ejes. En la Gráfica 2.21 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, la media y desviación estándar.

De acuerdo con el EECAN, los C3 vacíos pesan alrededor de 10 t y cargados 20 t.



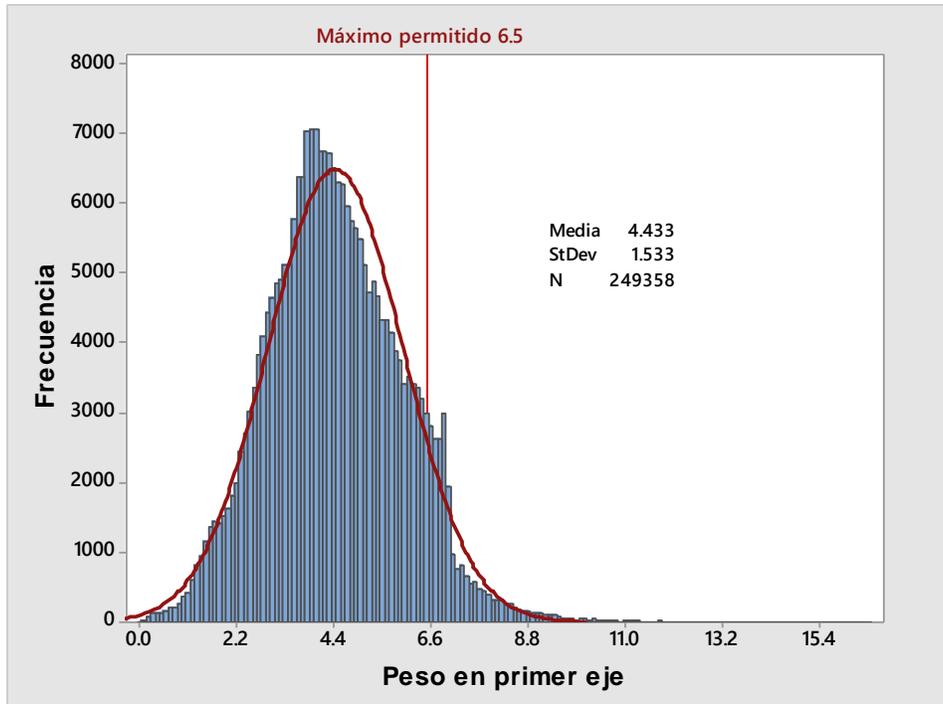
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.21 Histograma de frecuencias del PBV Camiones C3

Para el 4.7% se registraron PBV menores a 6 toneladas y para el 10.2% pesos mayores a 25 toneladas.

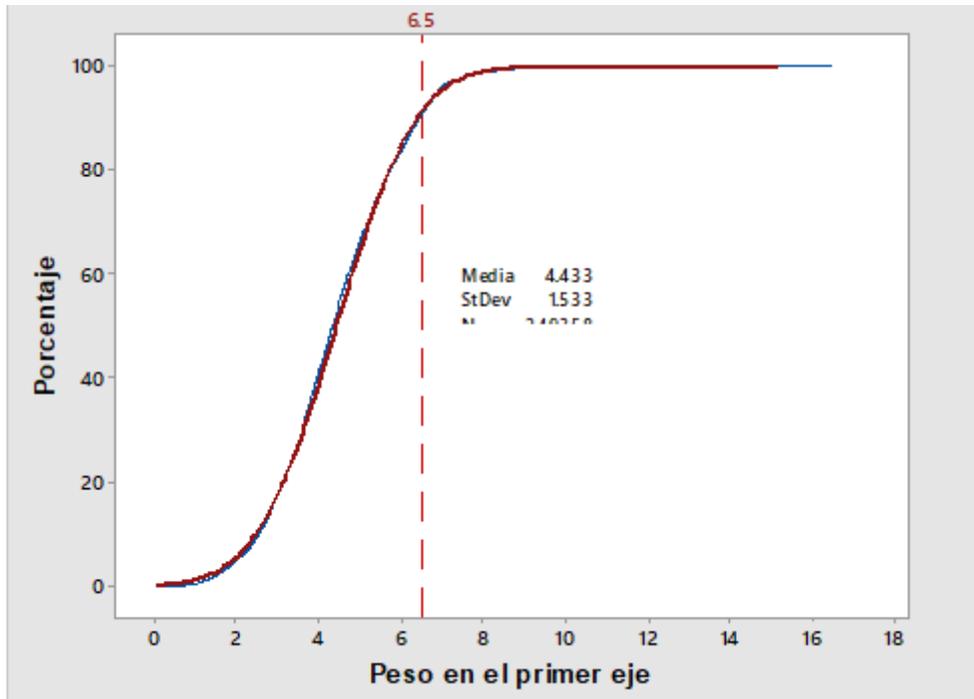
En la Gráfica 2.22 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y en la Gráfica 2.23 se muestra su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.24 muestra la distribución del eje tándem (suma de los pesos en el segundo y tercer eje) y la Gráfica 2.25 su distribución de frecuencias acumuladas.

El 18.9% de los vehículos excede el peso máximo permitido en el eje tándem.



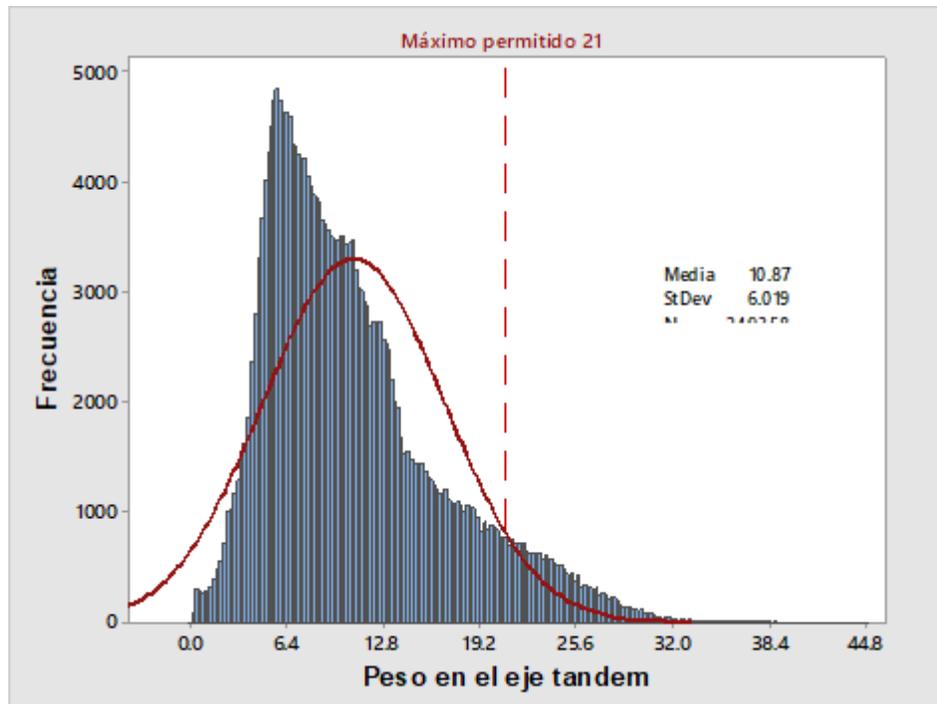
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.22 Distribución de frecuencias del peso en eje 1 del C3



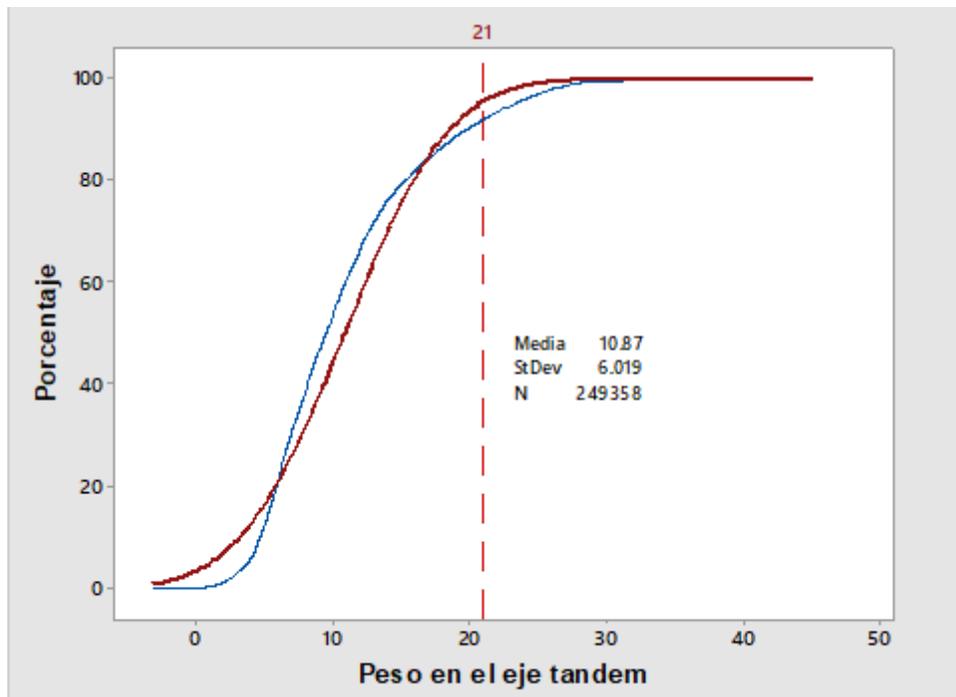
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.23 Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el C3



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.24 Histograma del peso en eje tándem para el C3



Fuente: elaboración propia

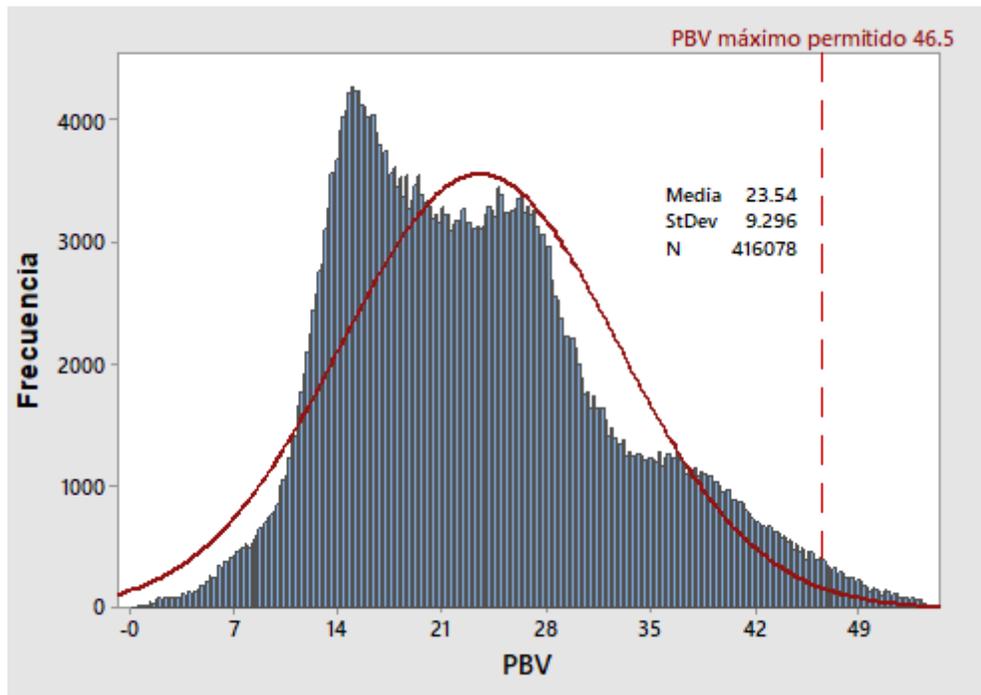
Gráfica 2.25 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem para el C3

2.3.5 Tractocamión simplemente articulado T3S2

Se registraron 417 mil 179 tractocamiones T3S2. Para mil 101 registros (0.3% del total) la suma del peso en los cinco ejes no fue igual al PBV registrado por el sistema, para todos esos registros la diferencia entre el PBV y la suma del peso en los cinco ejes, en el 99% de los casos fue de -65.5 o -131.072 toneladas.

Para los registros con diferencia insignificante, 416 mil 78. en la Gráfica 2.26 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, la media y desviación estándar.

De acuerdo con el EECAN, los T3S2 vacíos pesan alrededor de 17 t y cargados 35 t.

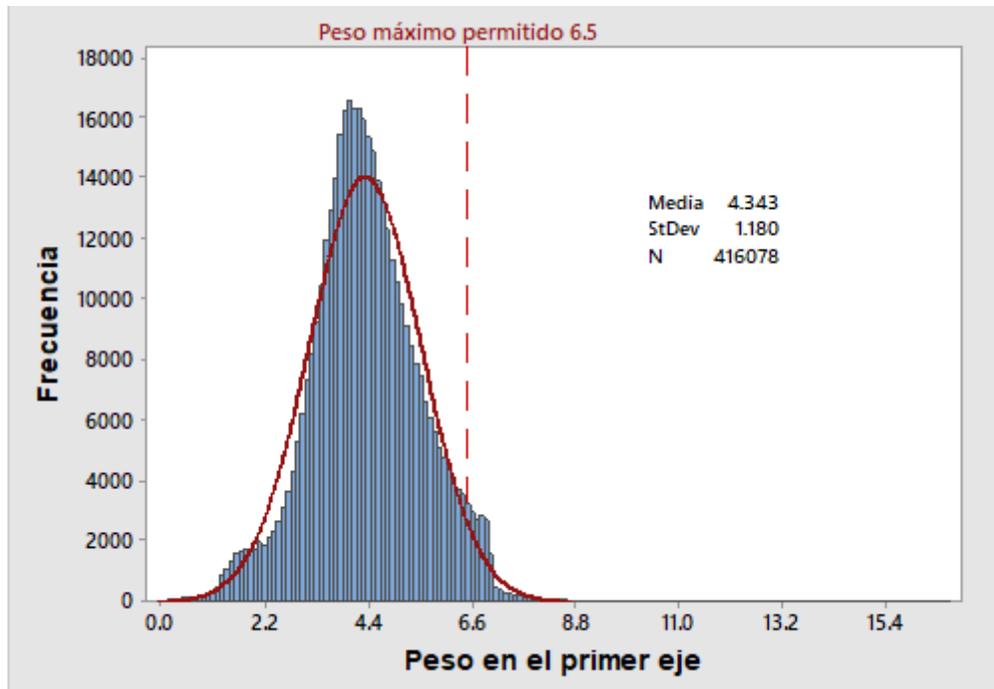


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.26 Histograma de frecuencias del PBV para el T3S2

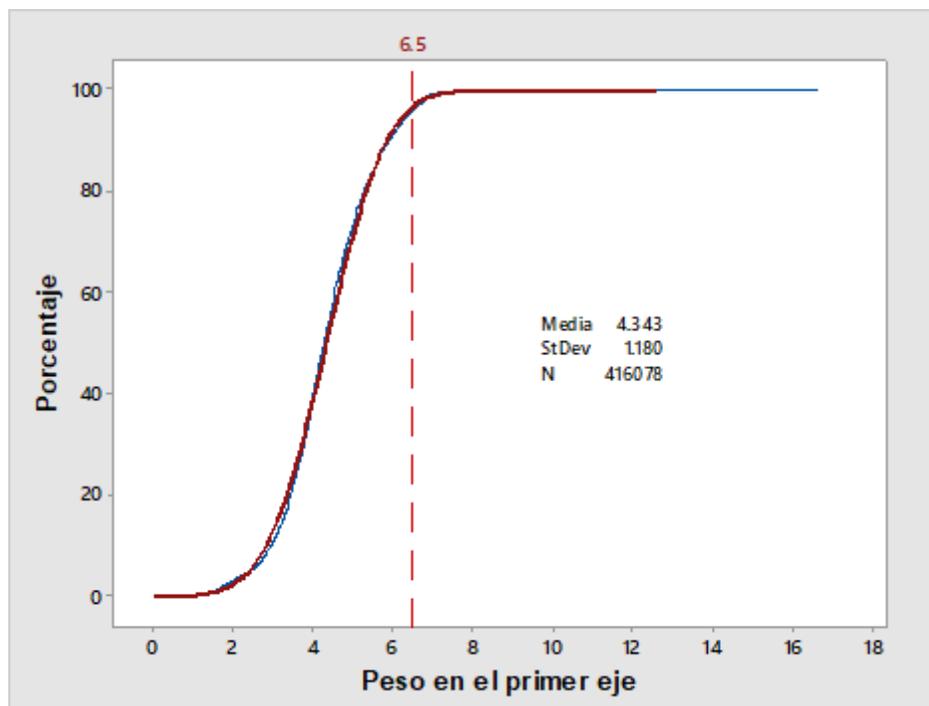
Para el 3.4% se registraron PBV menores a 10 toneladas y para el 1.5% pesos mayores a 46.5 toneladas.

En la Gráfica 2.27 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y la Gráfica 2.28 su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.29 muestra la distribución del eje motriz para el T3 y la Gráfica 2.30 su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.31 presenta la distribución del eje tándem del semirremolque S2 y la Gráfica 2.32 su distribución de frecuencias acumuladas.



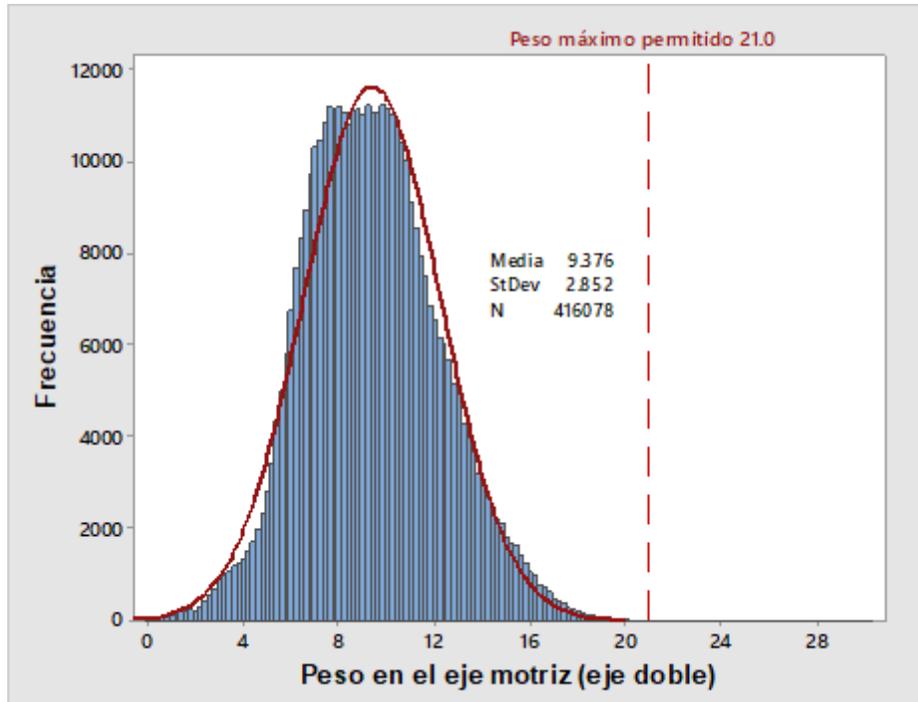
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.27 Distribución de frecuencias del peso en eje 1 para el T3S2



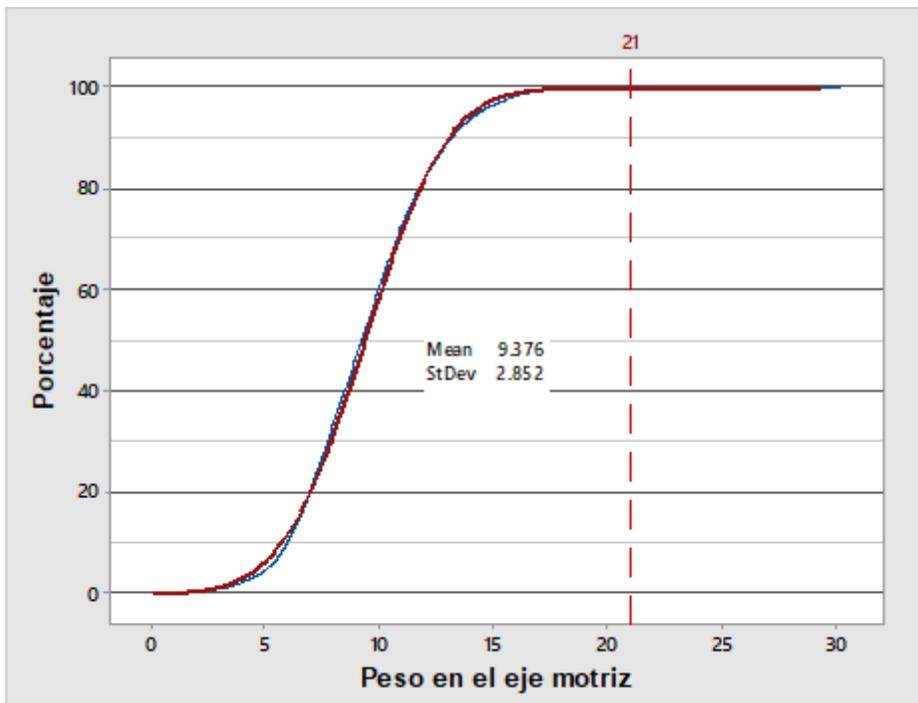
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.28 Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el T3S2



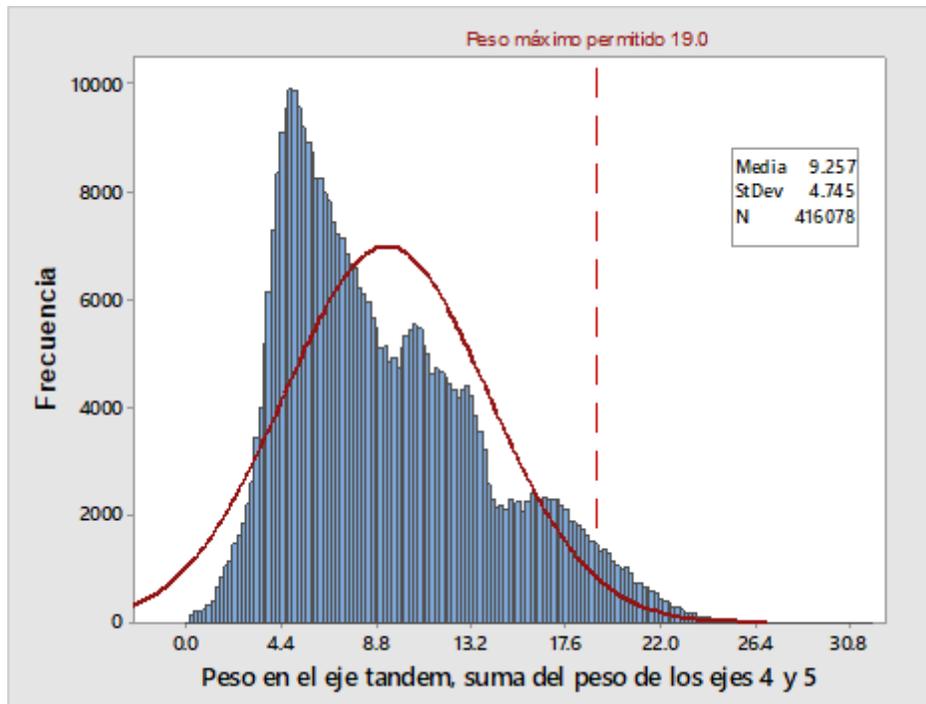
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.29 Distribución de frecuencias del peso en eje motriz para el T3S2



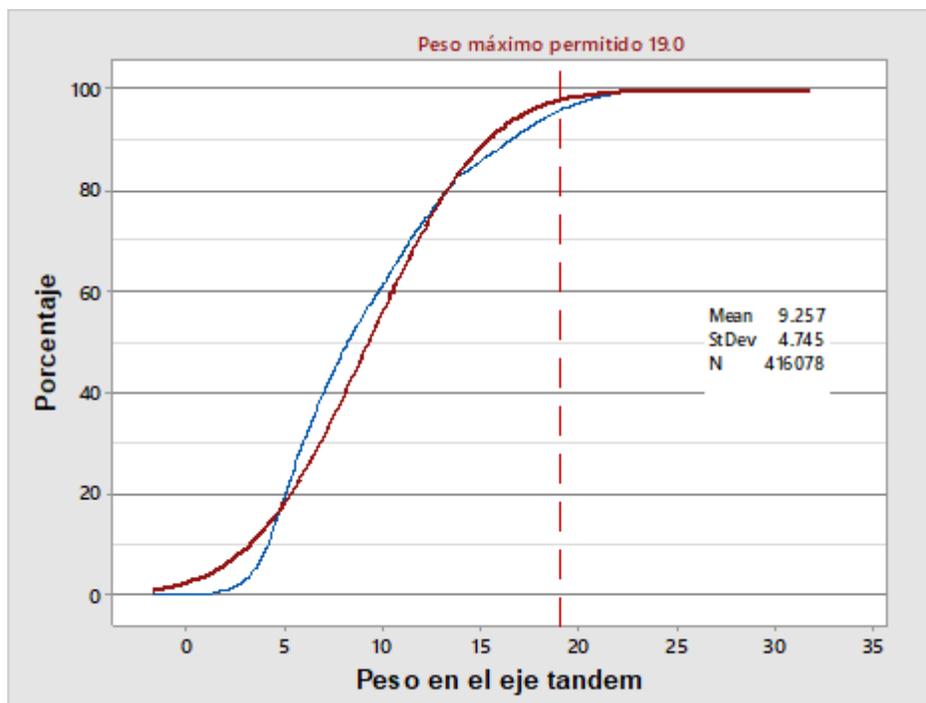
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.30 Frecuencias acumuladas del peso en eje motriz para el T3S2



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.31 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem para el T3S2



Fuente: elaboración propia

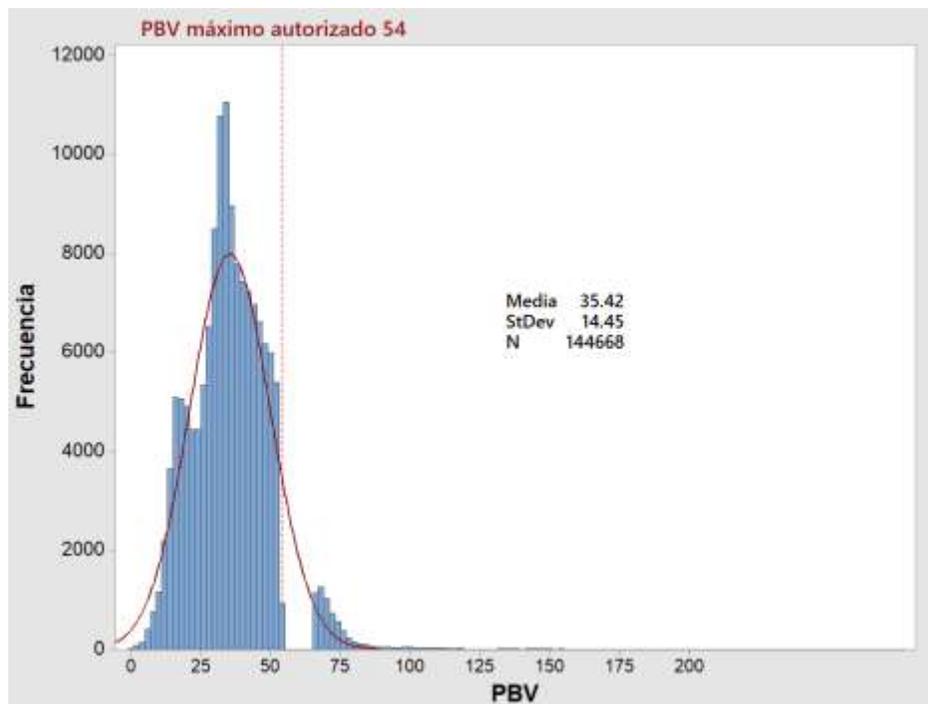
Gráfica 2.32 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem para el T3S2

2.3.6 Tractocamión simplemente articulado T3S3

Se registraron 144 mil 668 tractocamiones. Para 6 mil 552 registros (4.5% del total) la suma del peso en los seis ejes fue considerablemente diferente al PBV registrado por el sistema, todos exceden 54 toneladas, el PBV máximo autorizado. Para el 94% de esos casos la diferencia es de -65.5 toneladas.

De acuerdo con el EECAN, los T3S3 vacíos pesan alrededor de 21 t y cargados 47 t, considerando el PBV como la suma del peso de los seis ejes, en el 2.3% se observaron PBV mayores de 100 toneladas.

En la Gráfica 2.33 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, la media y desviación estándar.

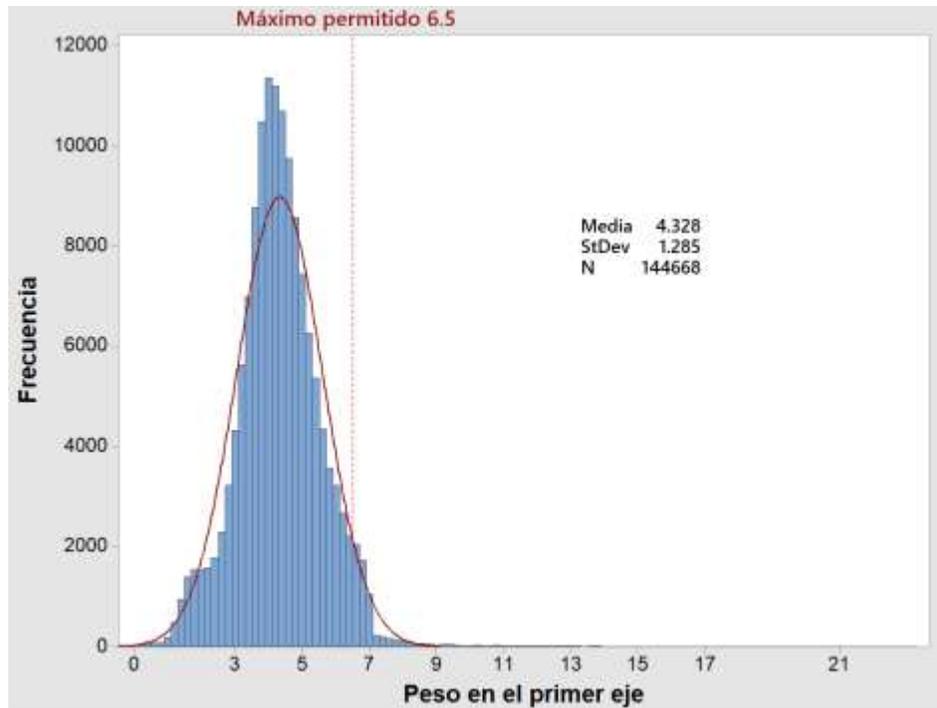


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.33 Histograma de frecuencias del PBV para el T3S3

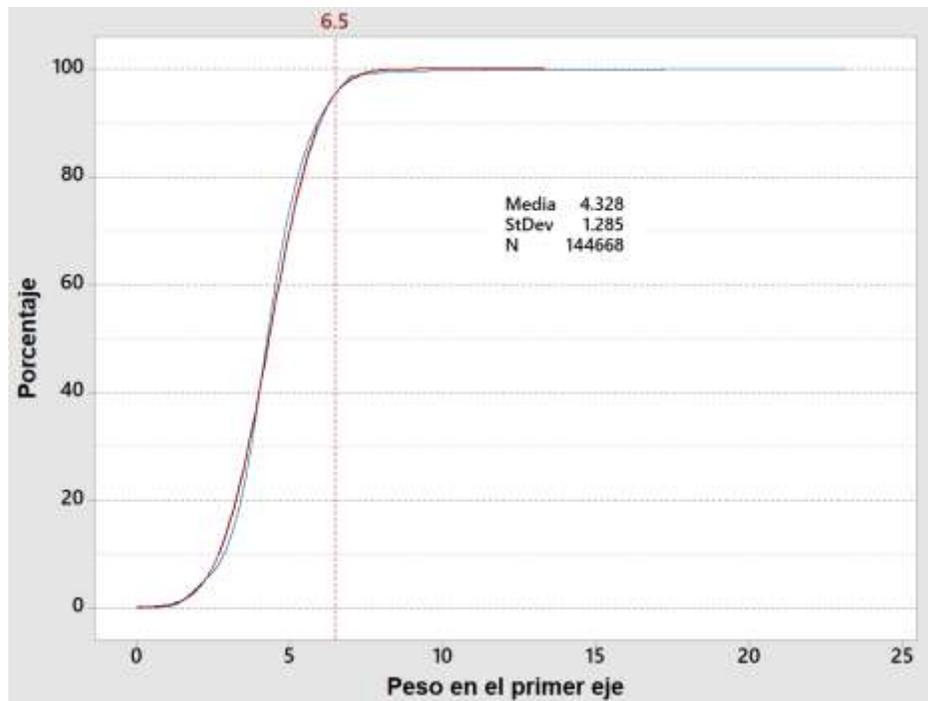
Para el 5.8% se registraron PBV menores a 15 toneladas y para el 4.5% pesos mayores a 54 toneladas.

En la Gráfica 2.34 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y la Gráfica 2.35 su distribución de frecuencias acumuladas. En la Gráfica 2.36 se muestra la distribución del peso en el eje motriz doble del T3 y en la Gráfica 2.37 su distribución de frecuencias acumuladas. En la Gráfica 2.38 se muestra la distribución del eje tridem S3 y la Gráfica 2.39 su distribución de frecuencias acumuladas.



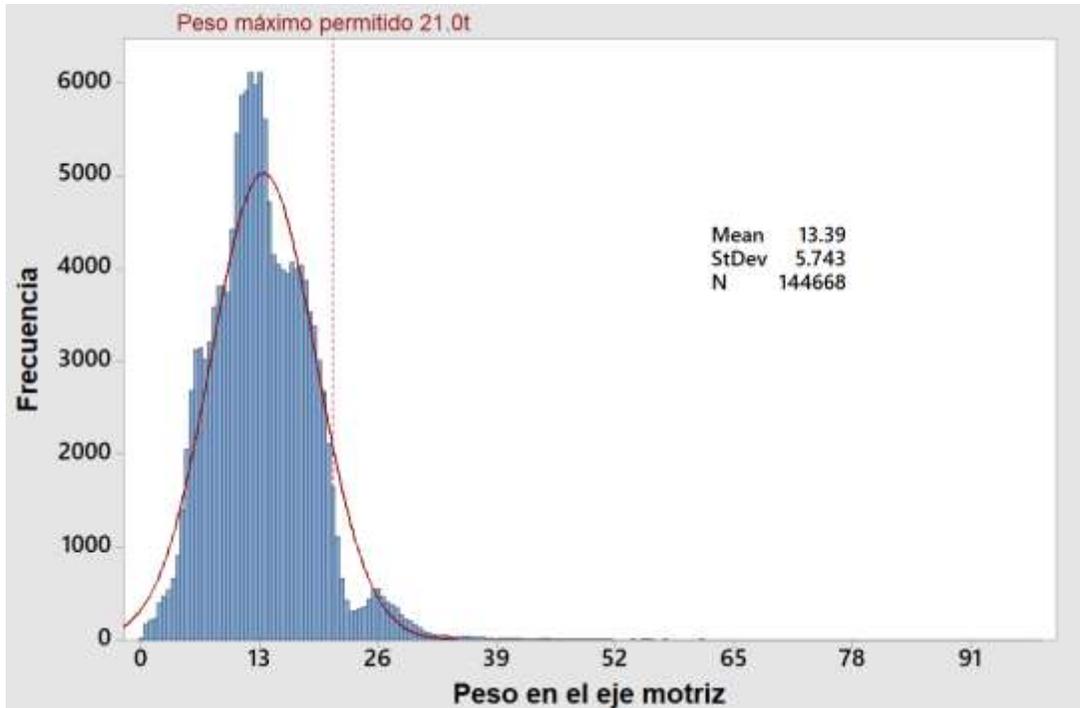
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.34 Distribución de frecuencias del peso en eje 1 para el T3S3



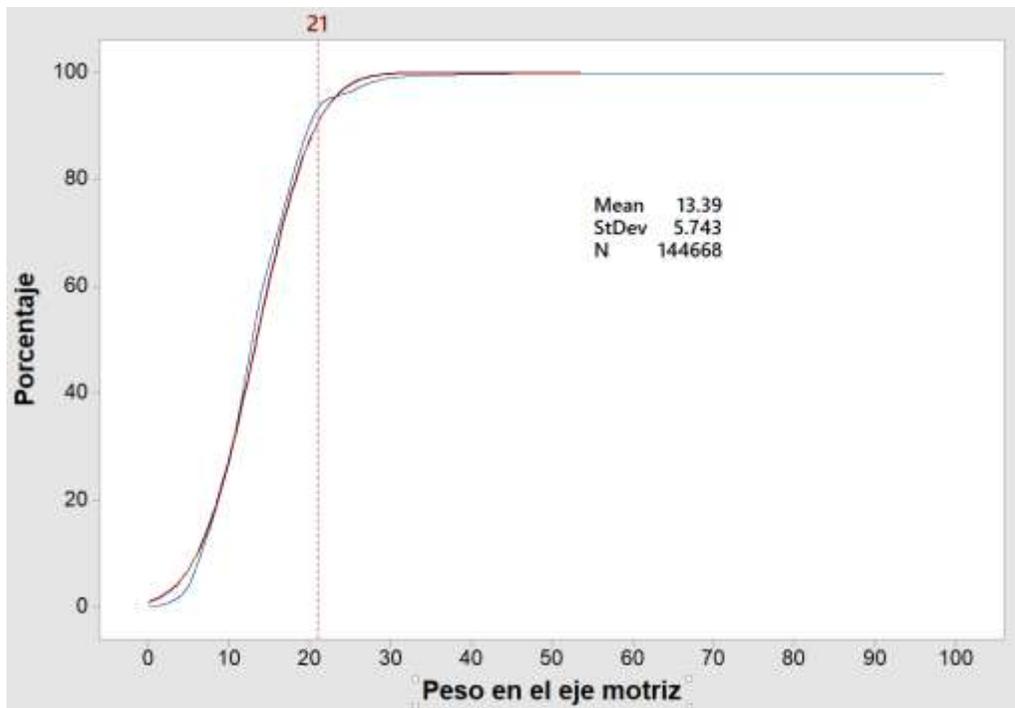
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.35 Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el T3S3



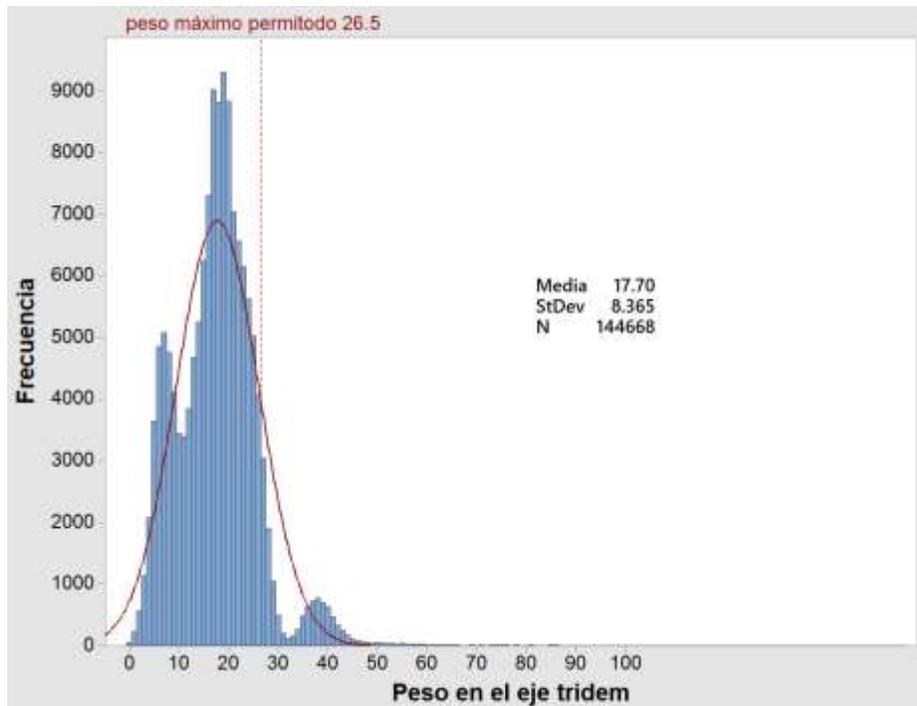
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.36 Distribución de frecuencias del peso en eje motriz del T3S3



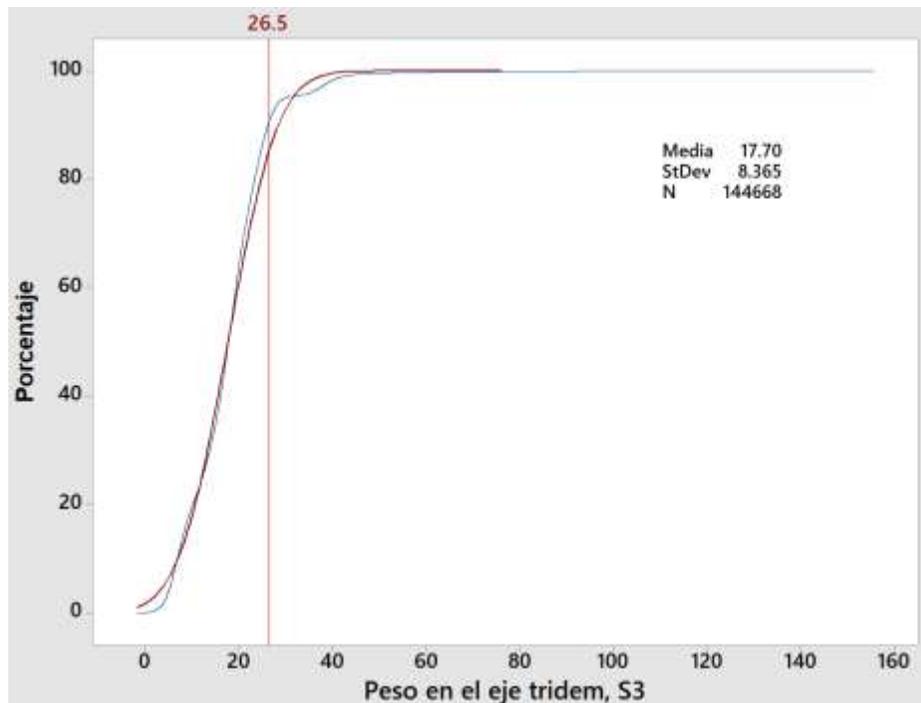
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.37 Frecuencias acumuladas del peso en eje motriz para el T3S3



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.38 Distribución de frecuencias del peso en eje tridem del T3S3



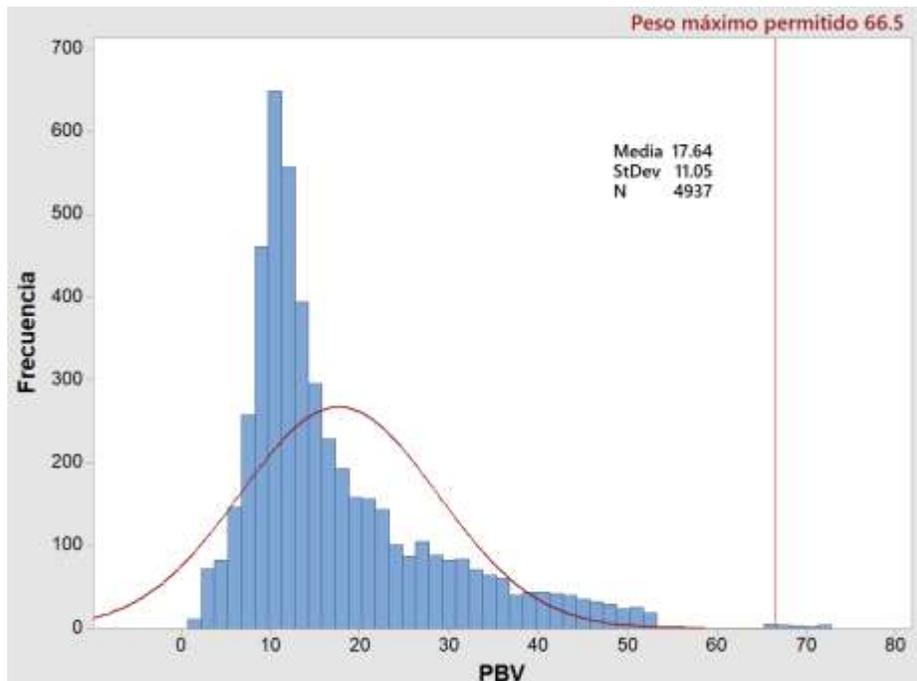
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.39 Frecuencias acumuladas del peso en eje tridem del T3S3

2.3.7 Tractocamión doblemente articulado T3S2R4

Se registraron 4 mil 937 tractocamiones doblemente articulados. Sólo para 18 registros (0.4% del total) la suma del peso en los nueve ejes fue considerablemente diferente al PBV registrado por el sistema, todos exceden 66.5 toneladas, el PBV máximo autorizado.

Estadísticamente, los T3S2R4 vacíos pesan alrededor de 29 t y cargados 65 t. En la Gráfica 2.40 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, la media y desviación estándar. Para el 71% se registraron PBV menores a 20 toneladas y el 0.3% superó el máximo permitido de 66.5 toneladas



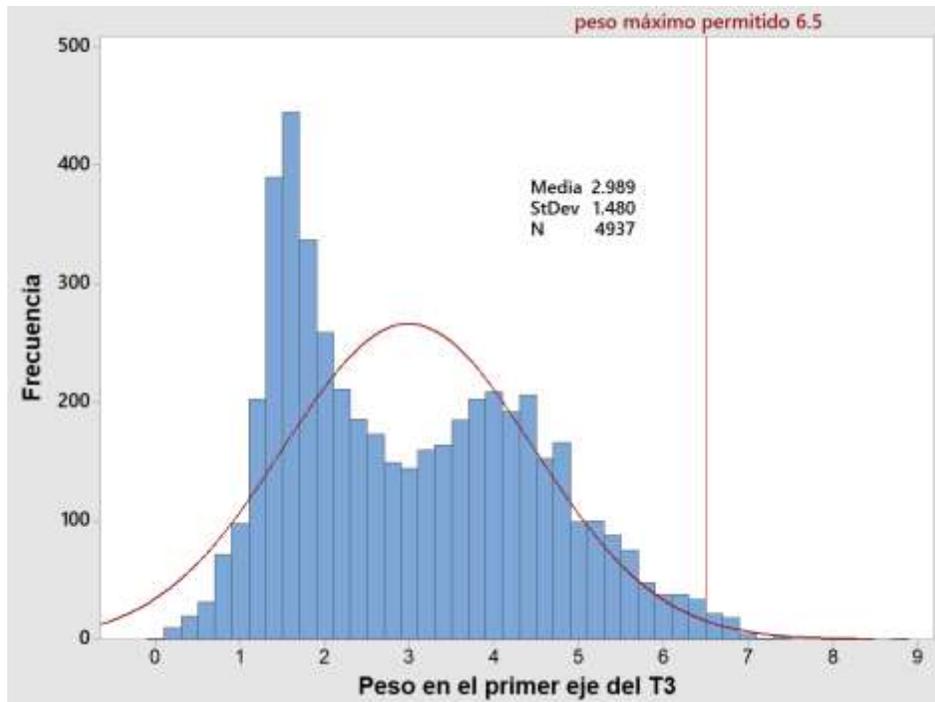
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.40 Histograma de frecuencias del PBV para los T3S2R4

Respecto al tractor T3, en la Gráfica 2.41 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y en la Gráfica 2.42 su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.43 muestra la distribución del eje motriz y la Gráfica 2.44 su distribución de frecuencias acumuladas.

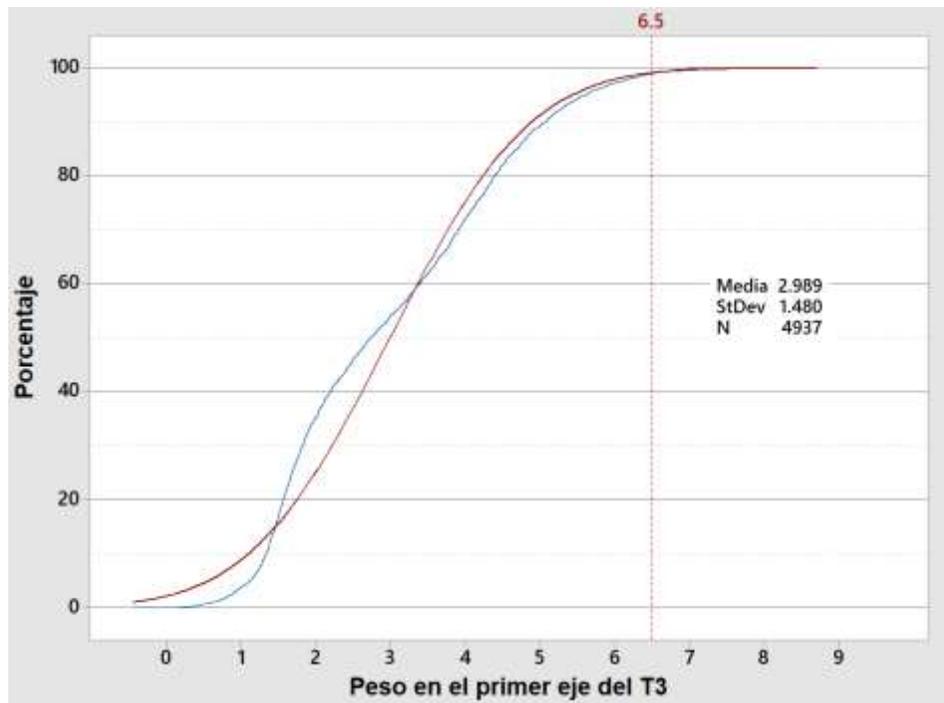
Para el semirremolque S2, en la Gráfica 2.45 se muestra la distribución del peso registrado en el eje tándem y en la Gráfica 2.46 su distribución de frecuencias acumuladas.

En el caso del remolque R4, la Gráfica 2.47 contiene la distribución del primer eje tándem y la Gráfica 2.48 su distribución de frecuencias acumuladas. Por su parte, la Gráfica 2.49 muestra la distribución del segundo eje tándem del remolque R4 y la Gráfica 2.50 su distribución de frecuencias.



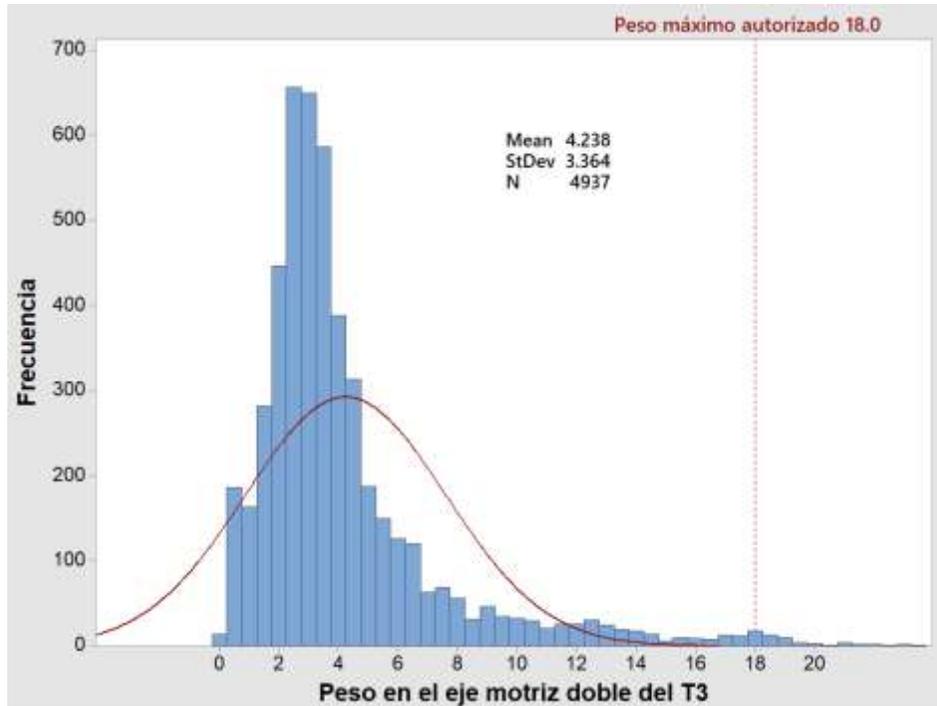
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.41 Distribución de frecuencias del peso en eje 1 del T3S2R4



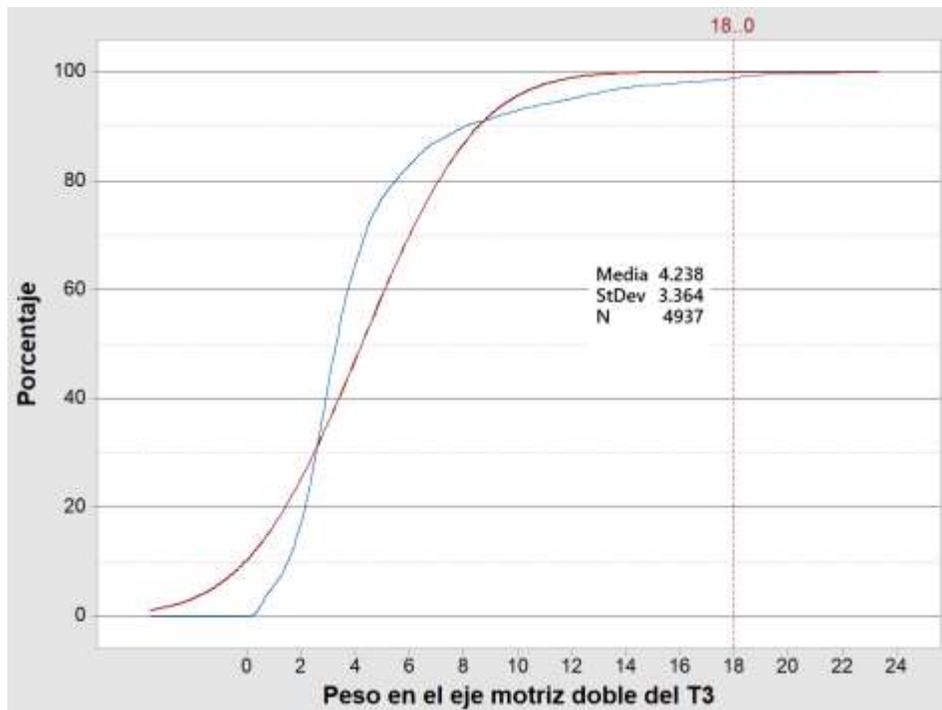
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.42 Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el T3S2R4



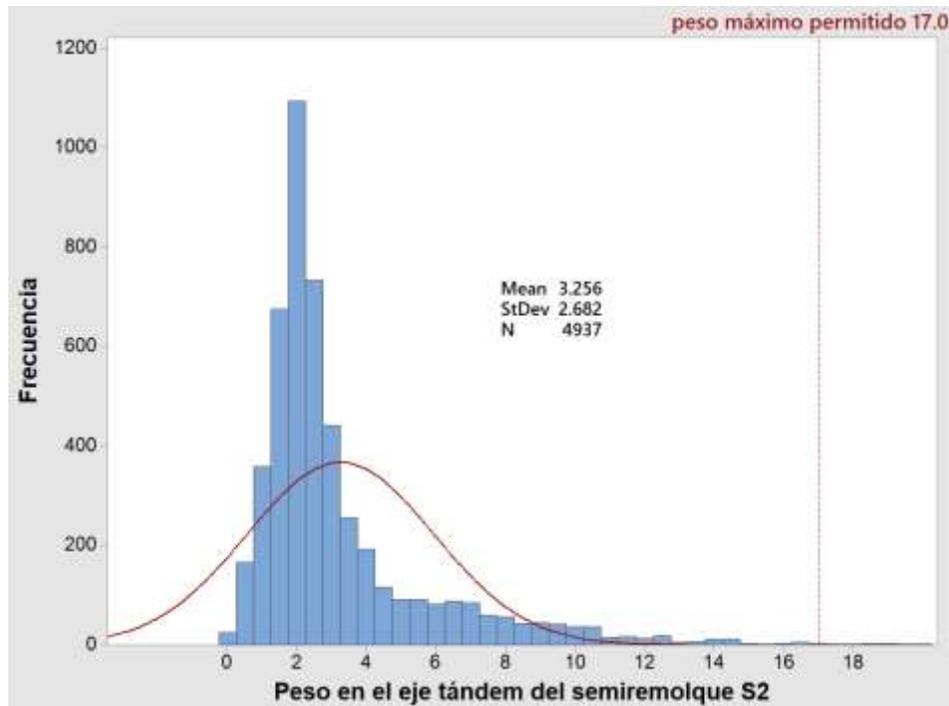
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.43 Distribución de frecuencias del peso en eje motriz para el T3S2R4



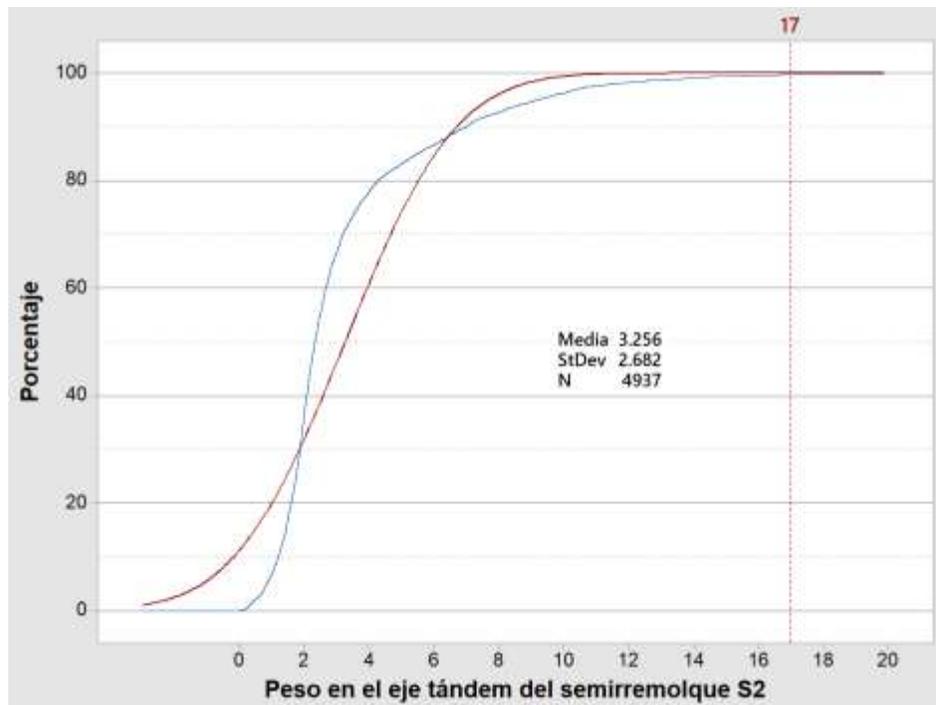
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.44 Frecuencias acumuladas del peso en eje motriz del T3S2R4



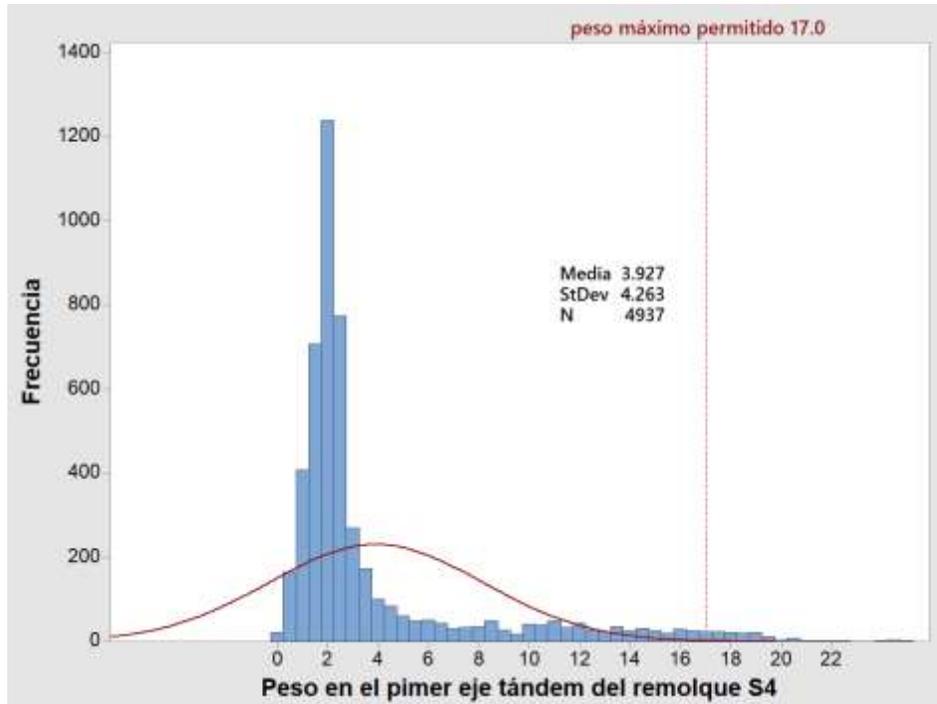
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.45 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem 01 del T3S2R4



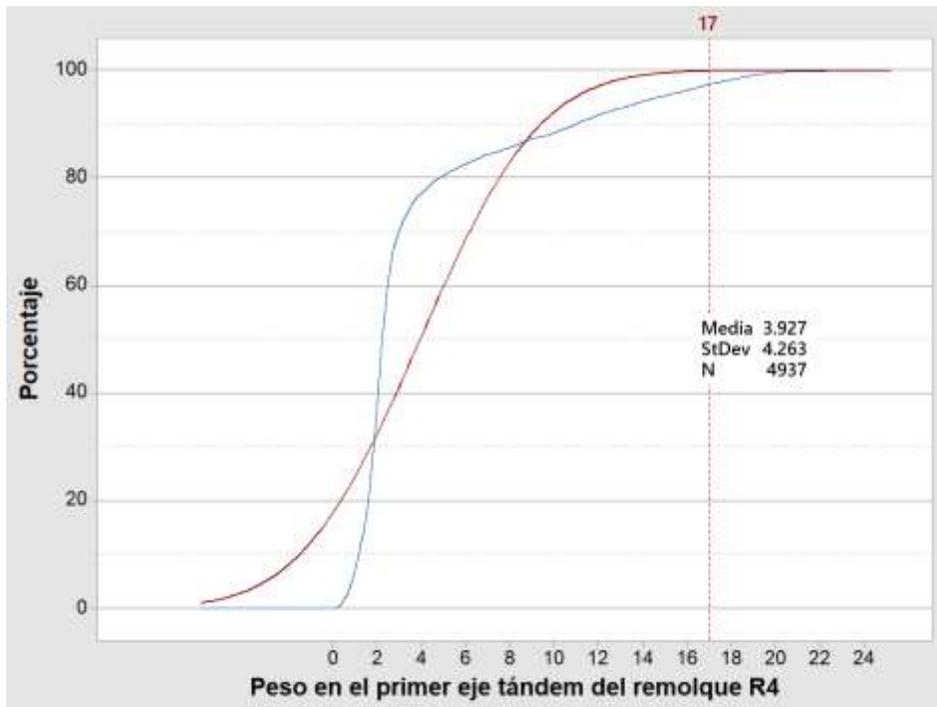
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.46 Frecuencias acumuladas del peso en eje 01 tándem del T3S2R4



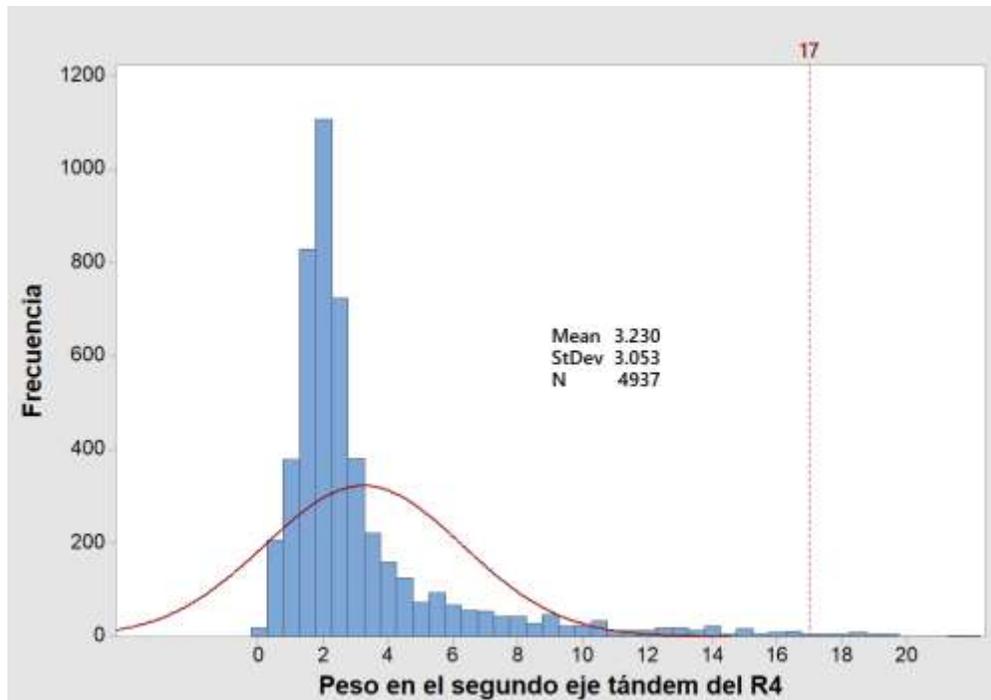
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.47 Distribución de frecuencias del eje tándem 02 del T3S2R4



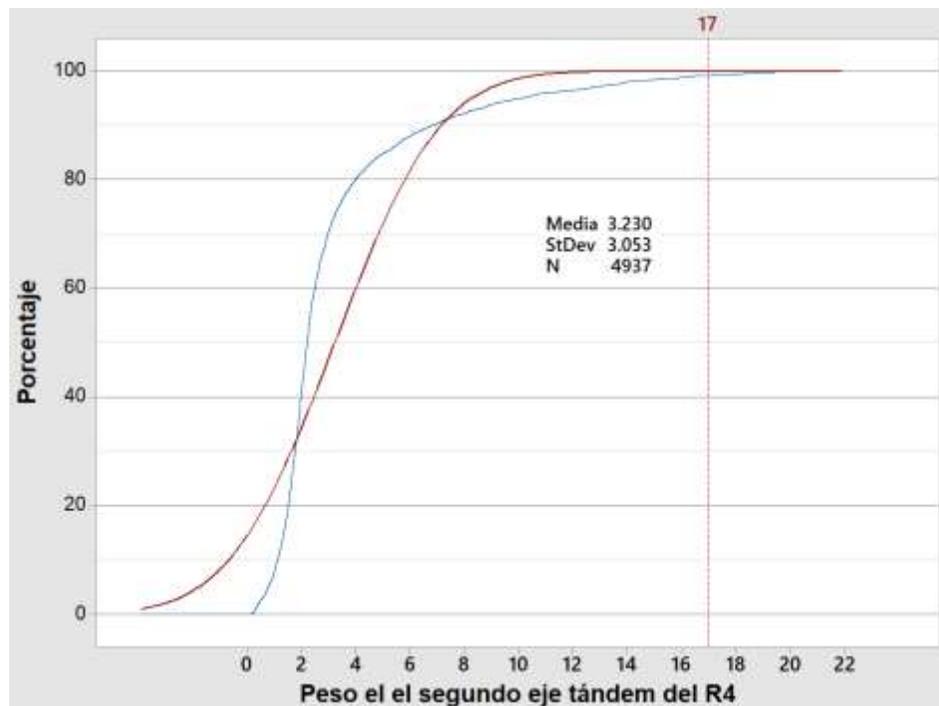
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.48 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem 02 del T3S2R4



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.49 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem 03 del T3S2R4



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.50 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem 03 del T3S2R4

2.4 Análisis de Velocidades

En relación con las velocidades, como se mencionó anteriormente, existen tres criterios que restringen la velocidad máxima; por un lado está el límite de velocidad establecida en el tramo mediante el señalamiento, y por otro se encuentra 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 las velocidades que establece el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales.

Así tenemos que, el límite máximo señalado 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, 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 se utilizarán como referencia las velocidades máximas permitidas de 95 km/h para los autobuses y 80 km/h para los camiones de carga.

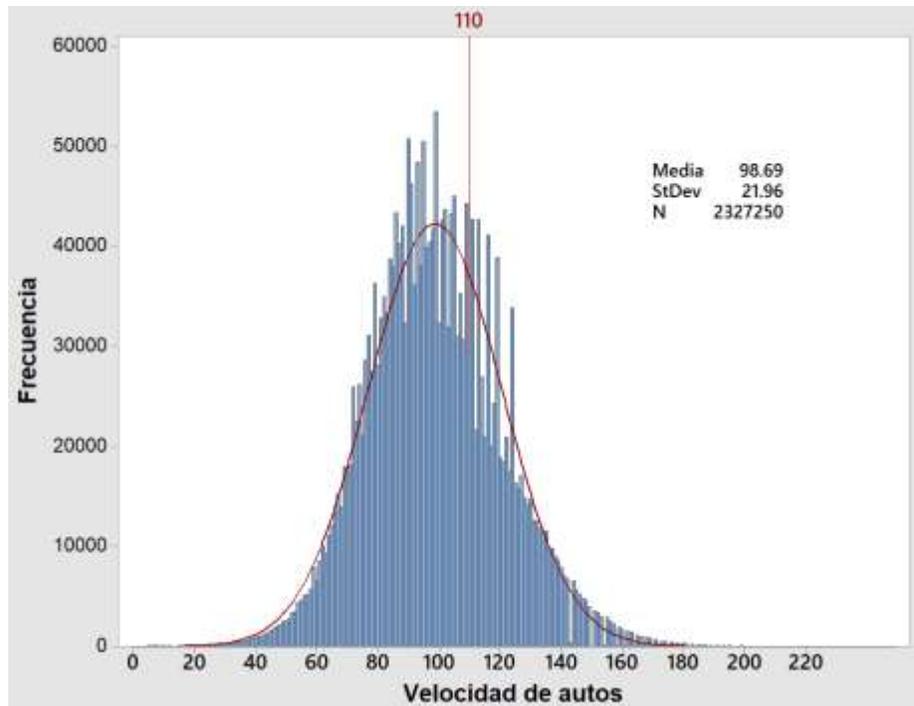
La velocidad de punto de un vehículo cualquiera se define como la velocidad al momento de pasar por un determinado punto o sección transversal de una vía, en este caso el punto donde se encuentra la estación, y permite caracterizar este parámetro para un lugar específico, bajo condiciones prevalecientes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

2.4.1 Autos

La velocidad establecida para autos, es de 110 km/h. En la Gráfica 2.51 se muestra la distribución de las velocidades registradas para 2 millones 327 mil 250 registros. La media obtenida fue de 99 km/h. En la Gráfica 2.52 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 121 km/h, el 30.3% excede la velocidad máxima permitida.

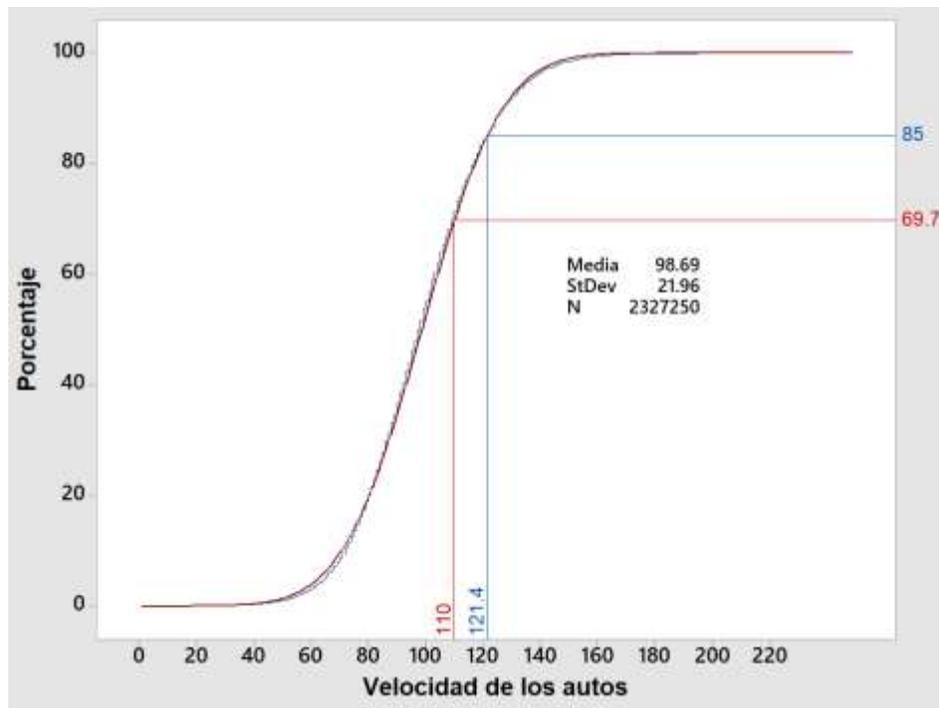
2.4.2 Autobuses B2

Para estos autobuses la velocidad establecida es de 95 km/h. En la Gráfica 2.53 se muestra la distribución de las velocidades registradas para 241 mil 76 registros. La media obtenida fue de 83.9 km/h. En la Gráfica 2.54 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) es 98.8 km/h, el 21.9% excedió la velocidad máxima permitida.



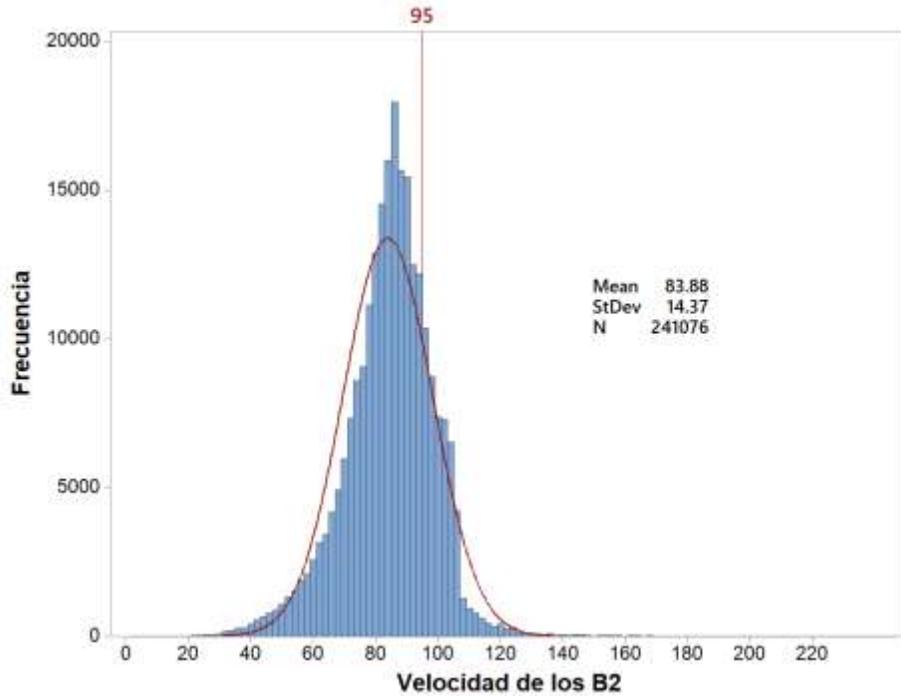
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.51 Distribución de velocidades para autos



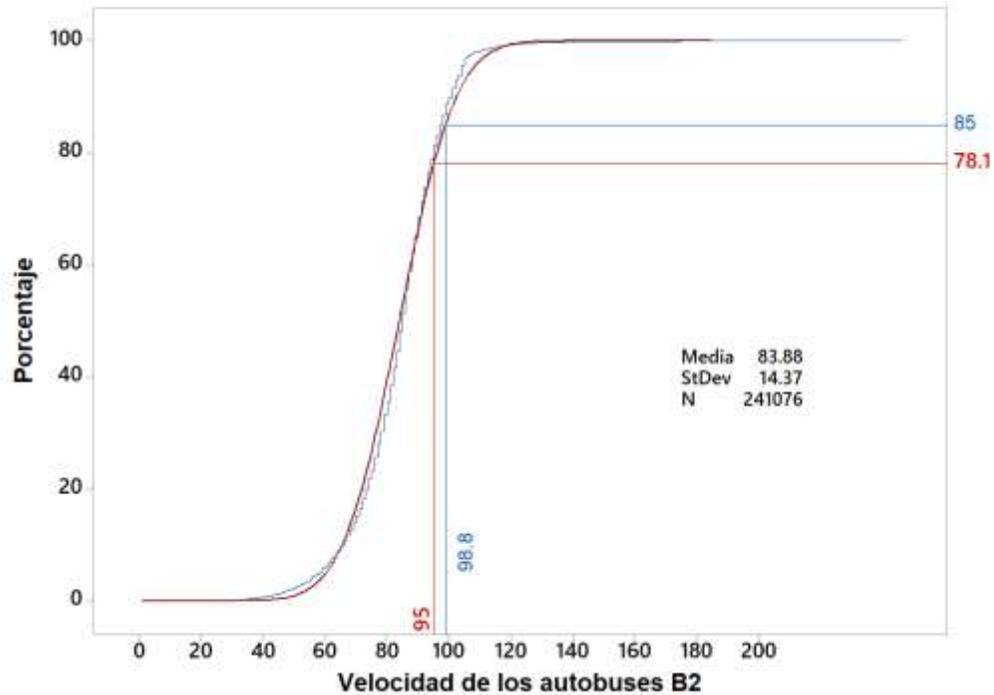
Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.52 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autos



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.53 Distribución de velocidades de los autobuses B2

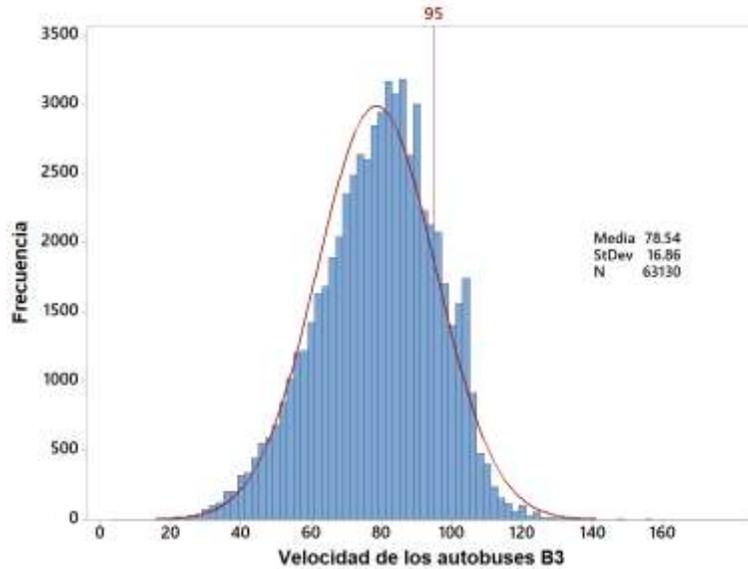


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.54 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autobuses B2

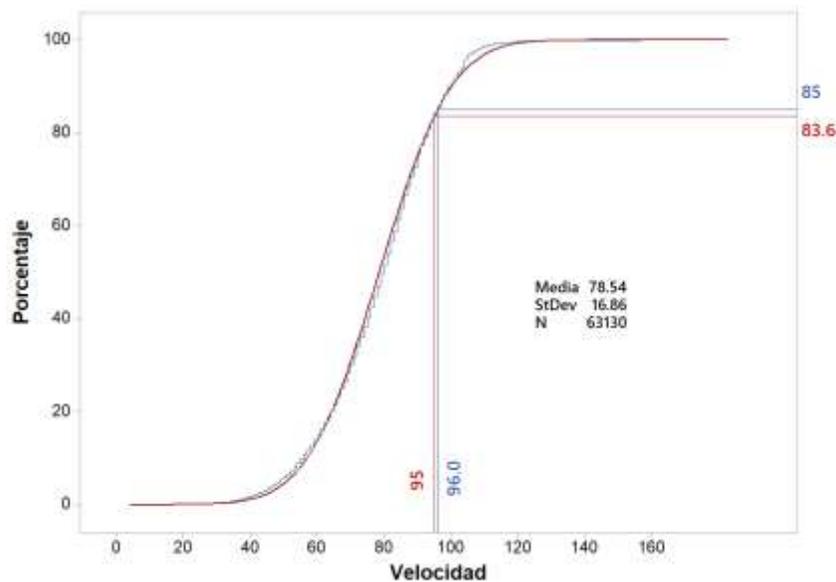
2.4.3 Autobuses B3

Los autobuses B3 también están limitados a circular a no más de 95 km/h. En la Gráfica 2.55 se muestra la distribución de las velocidades para 63 mil 130 registros. La media obtenida fue de 78.5 km/h. En la Gráfica 2.56 se presenta la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 96 km/h, el 16.4% excedió la velocidad máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.55 Distribución de velocidades de los autobuses B3

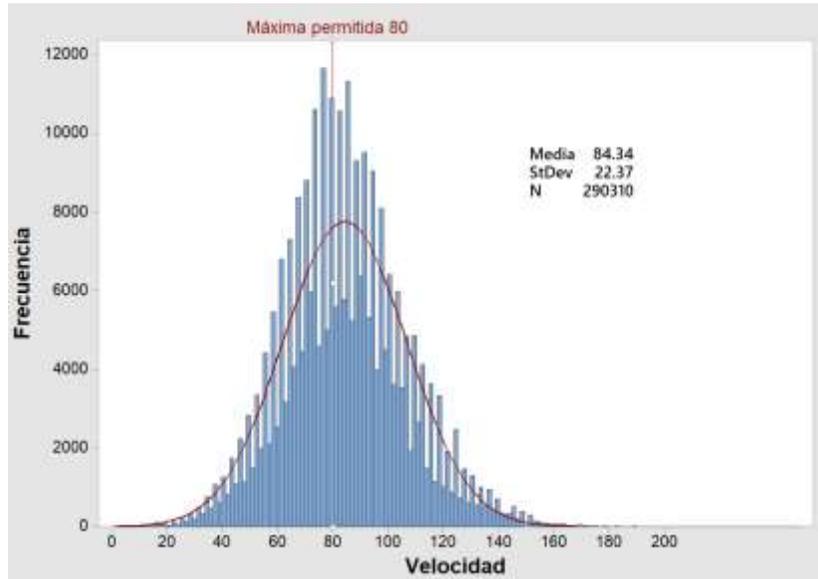


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.56 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autobuses B3

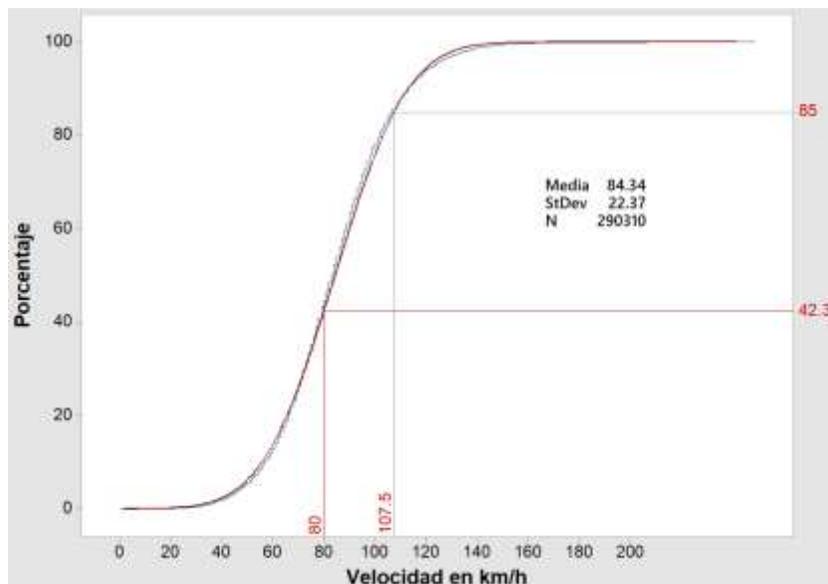
2.4.4 Camiones C2

Los vehículos de carga están limitados a circular a no más de 80 km/h. En la Gráfica 2.57 se muestra la distribución de las velocidades registradas para los C2. La media obtenida fue de 84 km/h. En la Gráfica 2.58 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 107 km/h, el 58% excedió la velocidad máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.57 Distribución de velocidades de los camiones C2

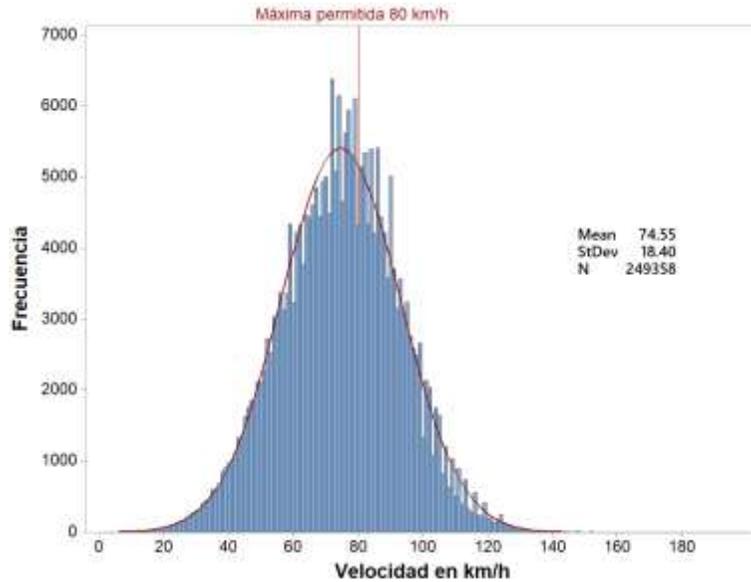


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.58 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los C2

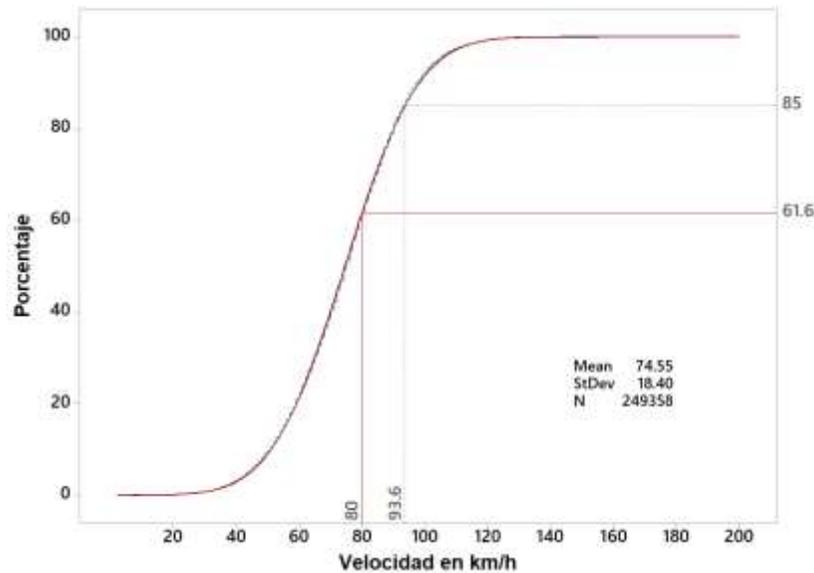
2.4.5 Camiones C3

En la Gráfica 2.59 se muestra la distribución de las velocidades registradas para los C3. La media obtenida fue de 75 km/h. En la Gráfica 2.60 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 94 km/h, el 38% excedió la velocidad máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.59 Distribución de velocidades de los camiones C3

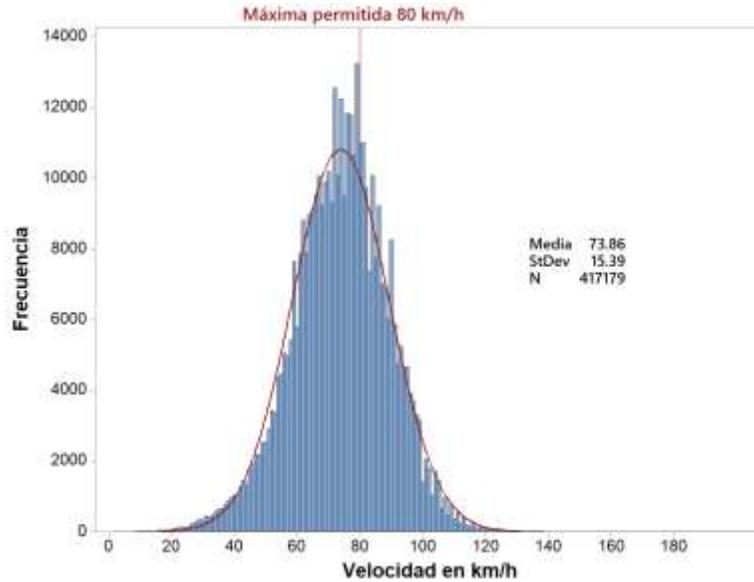


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.60 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los C3

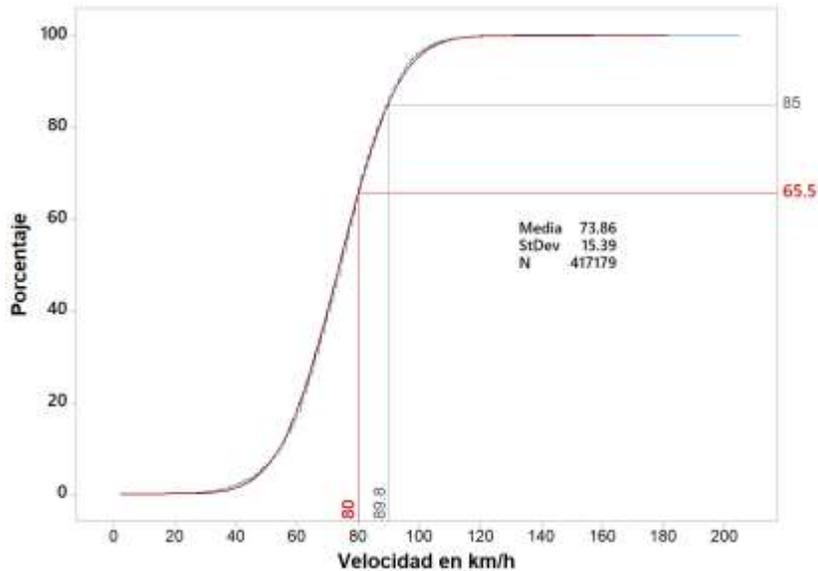
2.4.6 Tractocamiones T3S2

En la Gráfica 2.61 se muestra la distribución de las velocidades registradas T3S2. La media obtenida fue de 74 km/h. En la Gráfica 2.62 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 90 km/h, el 35% excedió la velocidad máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.61 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S2

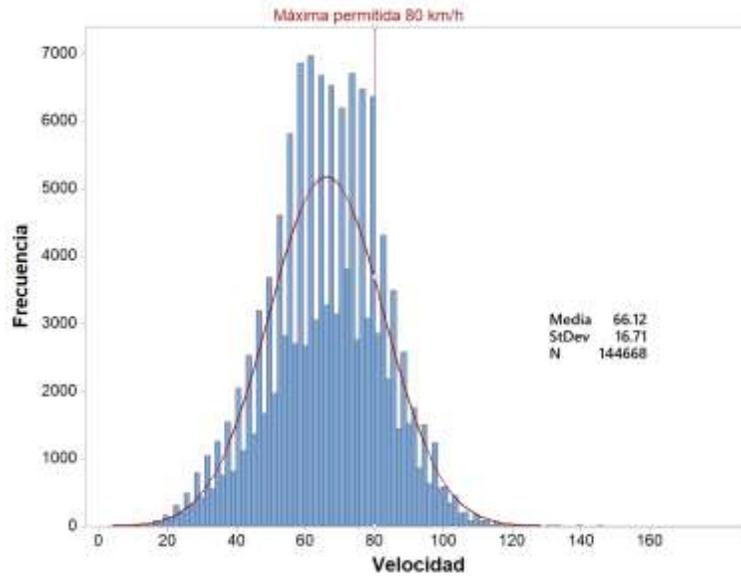


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.62 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S2

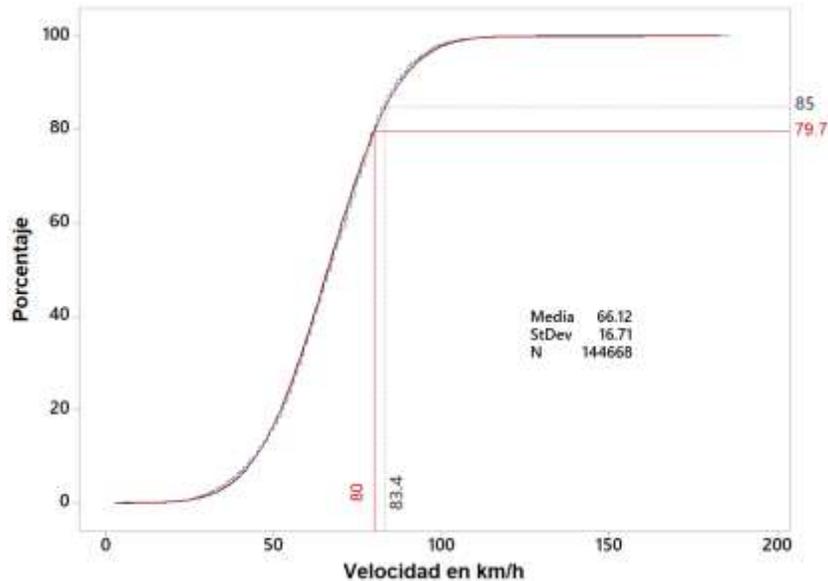
2.4.7 Tractocamiones T3S3

En la Gráfica 2.63 se muestra la distribución de las velocidades registradas para los T3S3. La media obtenida fue de 66 km/h. En la Gráfica 2.64 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación fue 83 km/h, el 20% excedió la velocidad máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.63 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S3

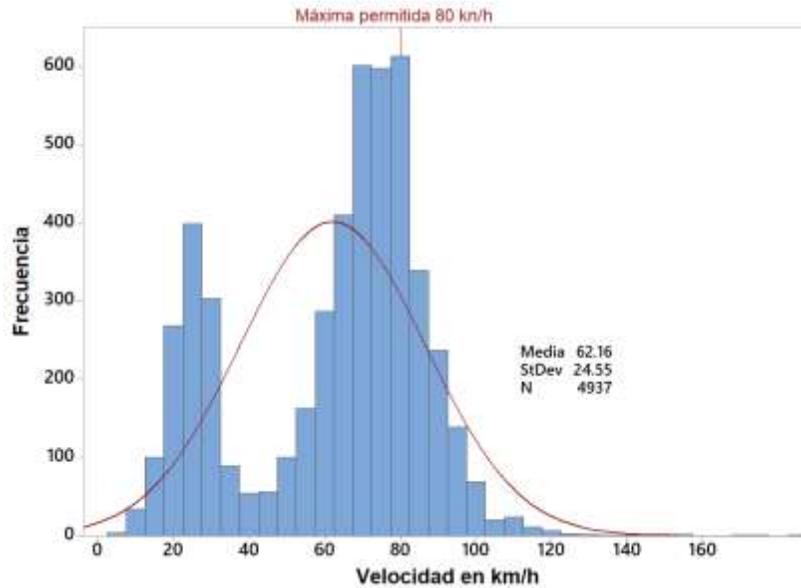


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.64 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S3

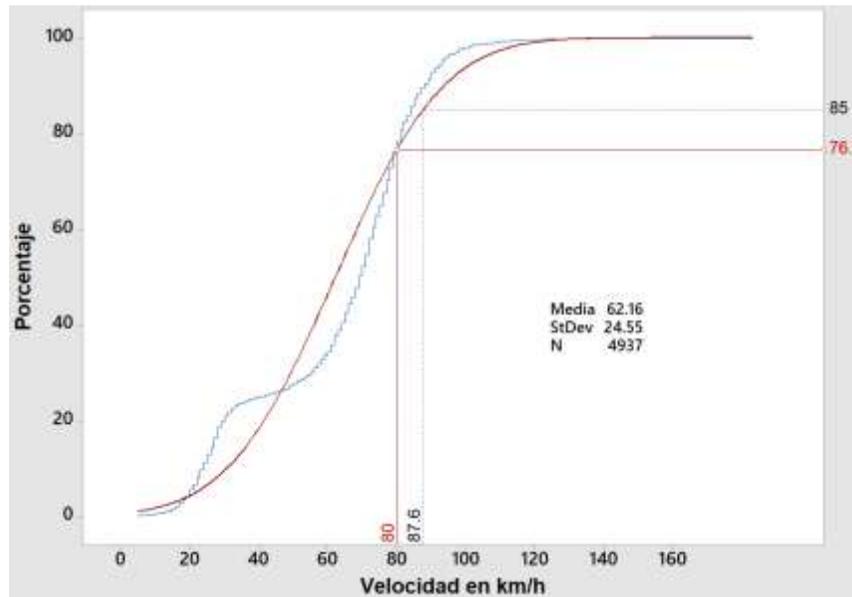
2.4.8 Tractocamiones T3S2R4

En la Gráfica 2.65 se muestra la distribución de las velocidades registradas. La media obtenida fue de 62 km/h. En la Gráfica 2.66 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 88 km/h, el 24% excedió la velocidad máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.65 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S2R4



Fuente: elaboración propia

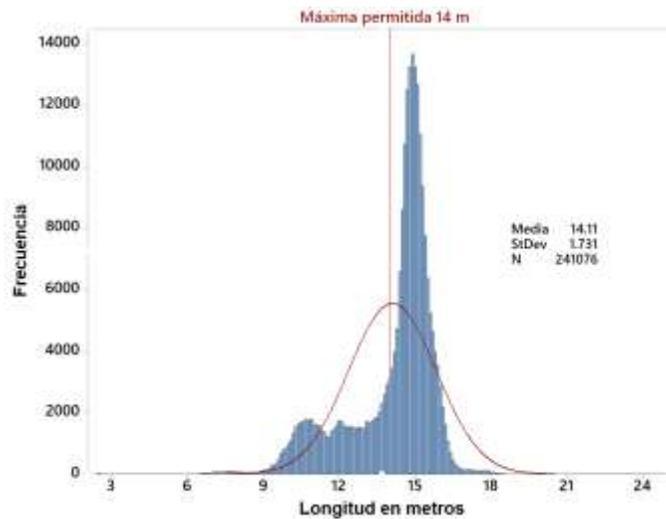
Gráfica 2.66 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S2R4

2.5 Análisis de longitudes

En esta sección se analizará el largo total de los vehículos según su clase, conforme a los valores máximos permitidos en la versión vigente de la NOM-012-SCT-2017.

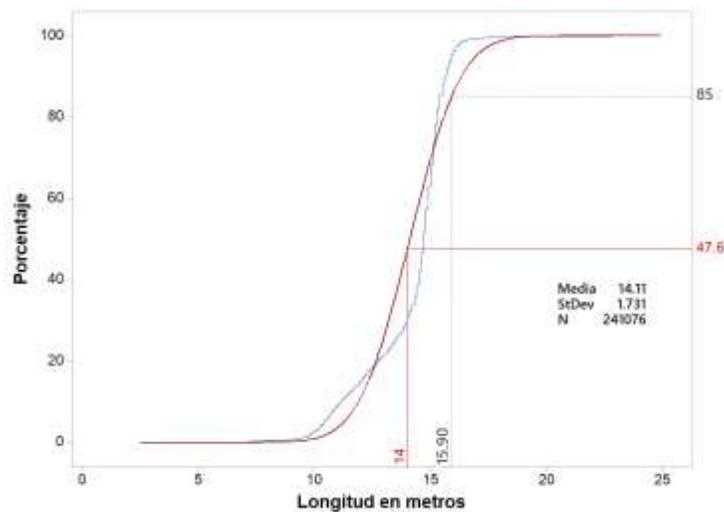
2.5.1 Autobuses B2

La longitud de los autobuses está restringida a 14 m de largo. En la Gráfica 2.67 se muestra la distribución registrada para los B2. La media obtenida fue de 14 m. En la Gráfica 2.68 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. El 52% excedió la longitud máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.67 Distribución de frecuencias de la longitud de los autobuses B2

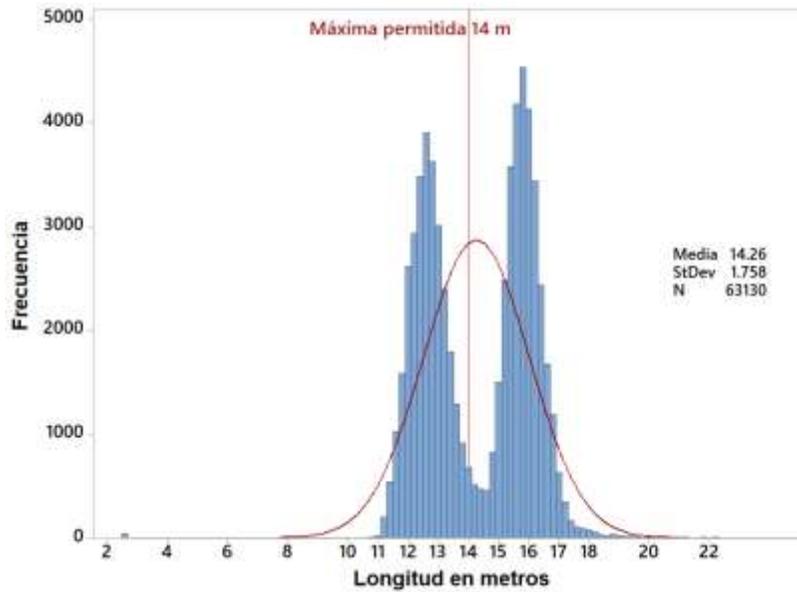


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.68 Frecuencias acumuladas de la longitud de los autobuses B2

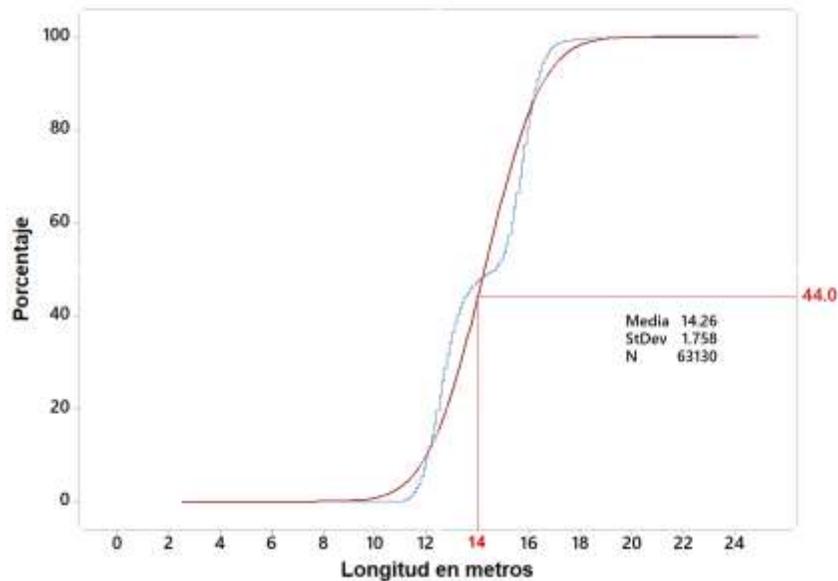
2.5.2 Autobuses B3

En la Gráfica 2.69 se muestra la distribución de la longitud de los B3. La media obtenida fue de 14 m. Se aprecian dos medias en la distribución. En la Gráfica 2.70 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. El 56% excedió la longitud máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.69 Distribución de frecuencias de la longitud de los autobuses B3

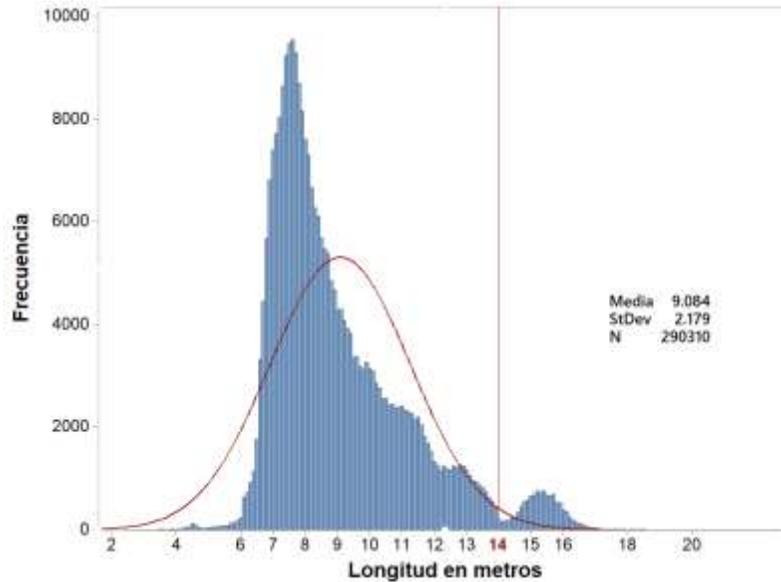


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.70 Frecuencias acumuladas de la longitud de los autobuses B3

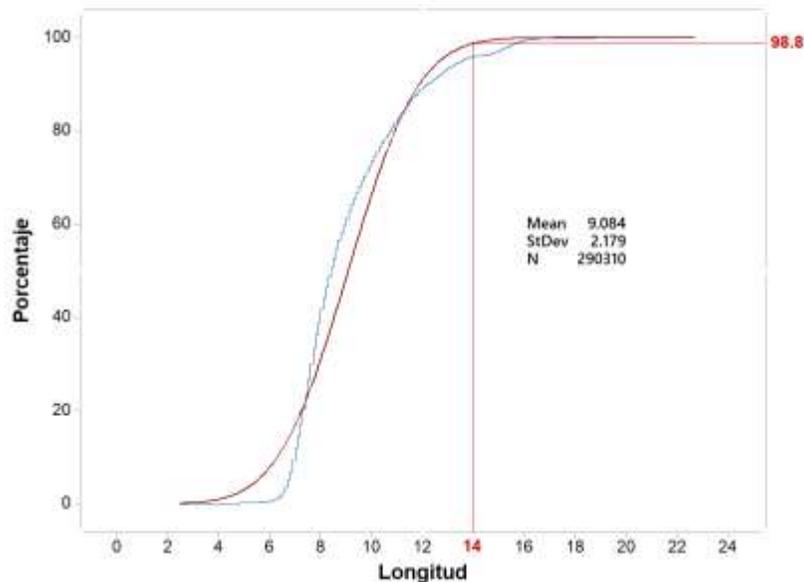
2.5.3 Camiones C2

La longitud de los camiones unitarios C2 está restringida a 14 m de largo. En la Gráfica 2.71 se muestra la distribución registrada para los C2. La media obtenida fue de 9 m. En la Gráfica 2.72 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. Únicamente el 1.2% excedió la longitud máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.71 Distribución de frecuencias de la longitud de los camiones C2

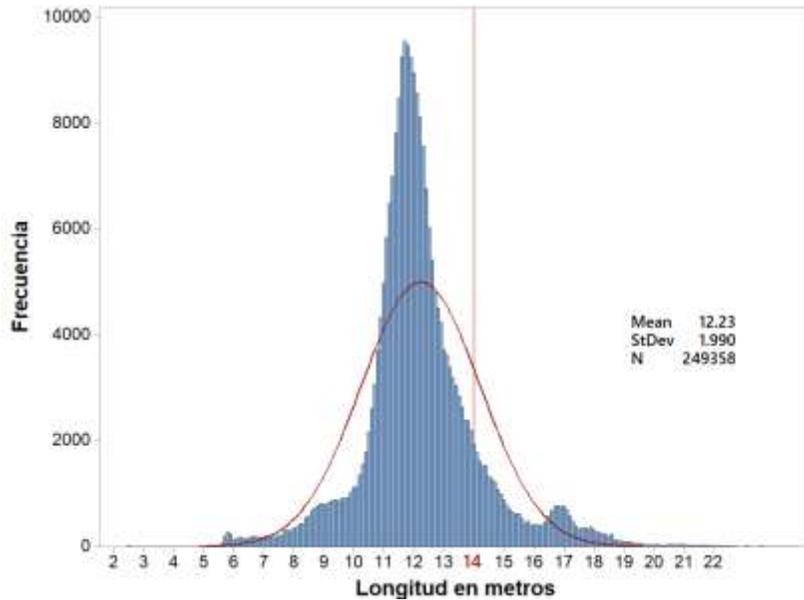


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.72 Distribución de frecuencias de la longitud de los camiones C2

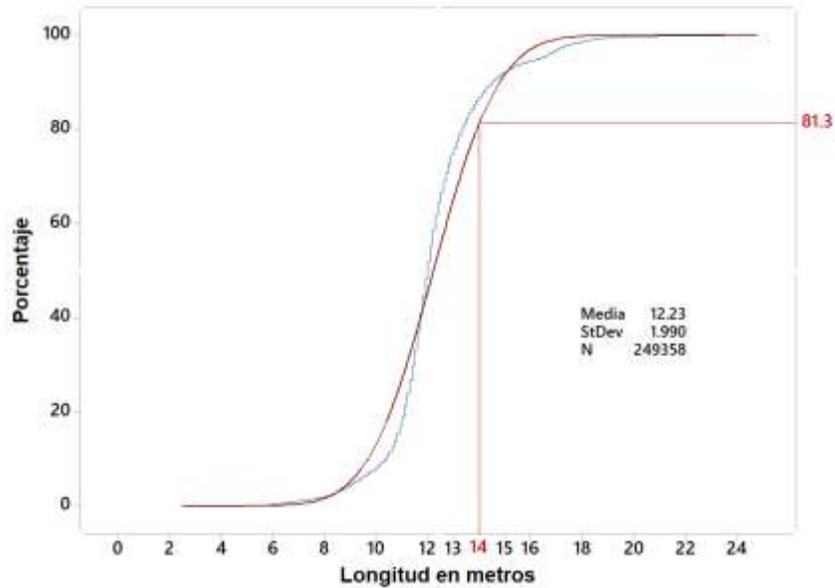
2.5.4 Camiones C3

La longitud de los camiones unitarios C3 también está restringida a 14 m. En la Gráfica 2.73 se muestra su distribución. La media obtenida fue de 12.2 m. En la Gráfica 2.74 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. El 19% excedió la longitud máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.73 Frecuencias acumuladas de la longitud de los camiones C3

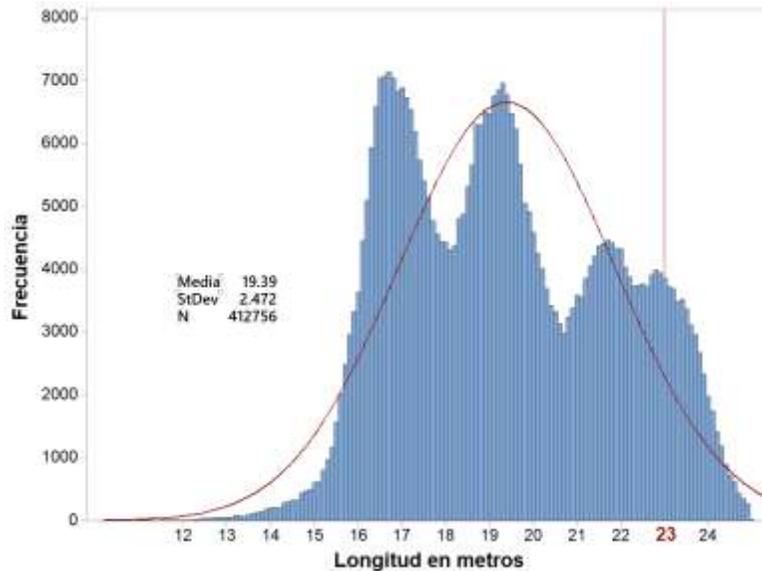


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.74 Frecuencias acumuladas de la longitud de los camiones C3

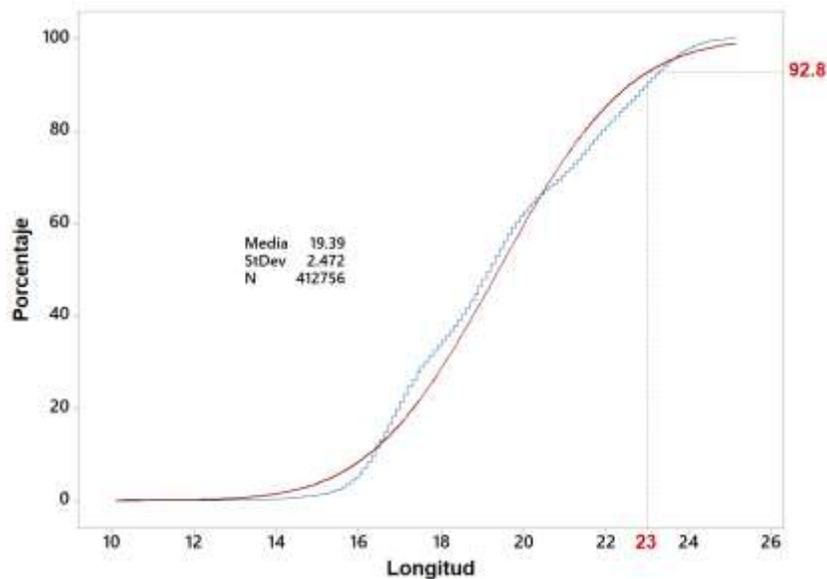
2.5.5 Tractocamiones T3S2

La longitud de los tractocamiones simplemente articulados T3S2 está restringida a 23 m de largo. Para 1% de los datos se registró una longitud de 2.5 m. En la Gráfica 2.75 se muestra una distribución depurada. La media obtenida fue de 19 m. En la Gráfica 2.76 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. El 7% excedió la longitud máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.75 Distribución de frecuencias de la longitud de los T3S2

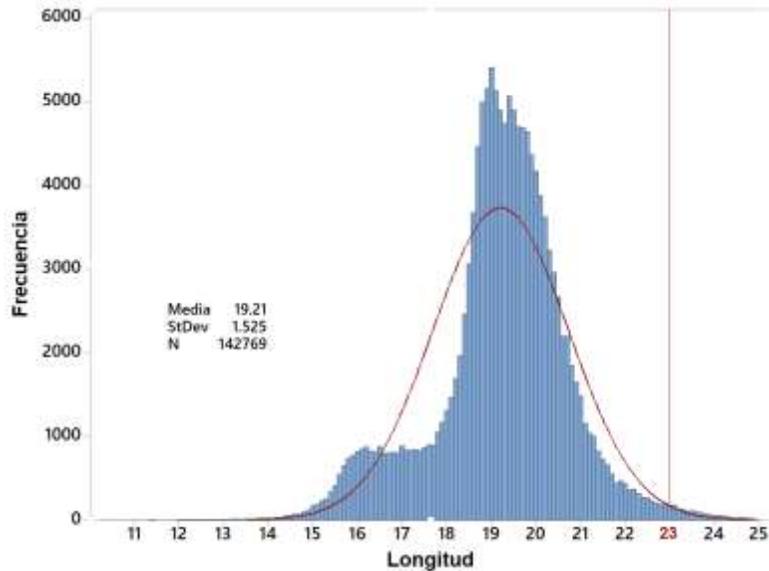


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.76 Frecuencias acumuladas de la longitud de los T3S2

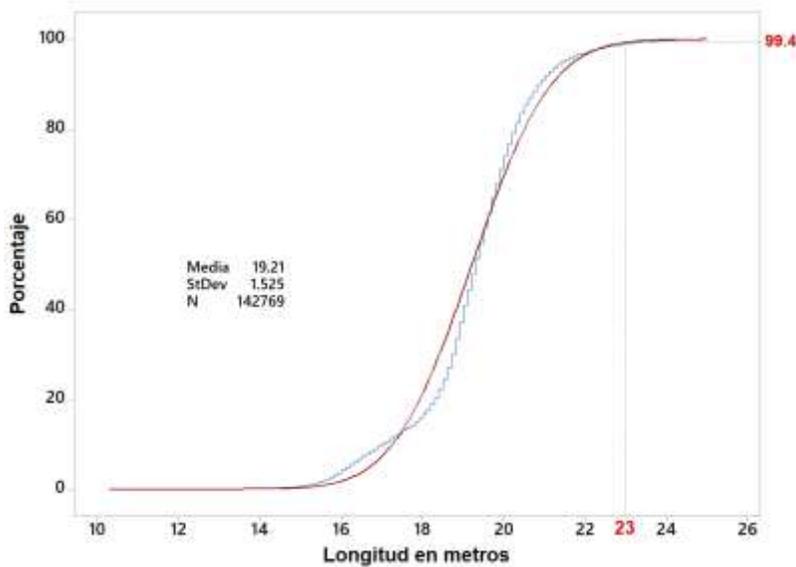
2.5.6 Tractocamiones T3S3

La longitud de los tractocamiones simplemente articulados T3S3 está restringida a 23 m de largo. Para 1.3% de los datos se registró una longitud de 2.5 m. En la Gráfica 2.77 se muestra una distribución depurada. La media obtenida fue de 19.2 m. En la Gráfica 2.78 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. Menos del 1% excedió la longitud máxima permitida.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.77 Distribución de frecuencias de la longitud de los T3S3



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.78 Frecuencias acumuladas de la longitud de los T3S3

2.5.7 Tractocamiones T3S2R4

La longitud de los tractocamiones doblemente articulados T3S2R4 está restringida a 31 metros.

De los 4 mil 937 T3S2R4, en 4 mil 279 (87%) se registró una longitud igual a 2.5 m.

3. Comparación de resultados

En 2019 se publicaron los resultados correspondientes a los datos proporcionados para el año 2016 y en 2020 los de 2017. En este capítulo se mostrará una comparación de esos resultados con los obtenidos en este trabajo.

3.1 Tránsito promedio diario y distribución vehicular

En la Tabla 3.1 se muestran los resultados para los tres años. Los vehículos evaluados en 2016 (103 mil aproximadamente) corresponden a los registrados en los meses de enero y febrero, los de 2017 (un millón 535 mil 548) a 212 días de enero a agosto y los de 2019 (cinco millones 53 mil 185) a 339 días de enero a diciembre (en febrero sólo se registraron 2 vehículos).

Tabla 3.1 Tránsito diario promedio anual y distribución vehicular

Año	Muestra	TDPA	Distribución vehicular										
			Motos	Autos	Utilitarios	B	C2	C3	T2S2	T3S2	T3S3	T3S2R4	Otros
2016 ¹	103 000	6 516	0.7	45.9	23.9	7.8	5.8	3.9	0.7	5.5	2.1	2.2	1.4
2017 ²	1 535 458	7 243	0.8	46.9	22.5	7.4	5.7	3.6	0.5	5.6	2.5	2.0	3.3
2019 ³	5 053 185	14 906	1.6	46.1	21.9	6.0	4.0	4.9	0.9	8.3	2.9	0.1	3.2

Notas: 1 La muestra de 2016 consideró los vehículos registrados en los meses de enero y febrero

2 La muestra de 2017 consideró los vehículos registrados en los meses de enero a agosto

3 La muestra de 2019 consideró los vehículos registrados de enero a diciembre, en febrero sólo se registraron 2 vehículos

Fuente: elaboración propia

Con los datos disponibles, se observó un incremento del 11.2% en el tránsito diario promedio anual de 2016 a 2017 y de 105% de 2017 a 2019. La distribución vehicular es similar en los tres años. Sin embargo, se observa un incremento en la participación de las motocicletas y una disminución de los T3S2R4.

3.2 Peso bruto vehicular

Para las diferentes configuraciones, en la Tabla 3.2 se muestran los resultados obtenidos del promedio del peso bruto vehicular (PBV) para los tres años y para

cada sentido de circulación. El sentido 1 es hacia Tuxpan y el sentido 2 hacia la Ciudad de México (CDMX). Los resultados de 2016 corresponden sólo a los meses de enero y febrero, los de 2017 a los meses de enero a agosto y la muestra de 2019 consideró los vehículos registrados de enero a diciembre (en febrero sólo se registraron 2 vehículos).

Para algunas configuraciones, en 2016, el peso bruto vehicular (PBV) promedio obtenido en el sentido 1 (hacia Tuxpan) fue mayor que el obtenido para el sentido 2 (hacia la Ciudad de México). Algunos casos muestran una diferencia considerable. Por ejemplo, el PBV promedio de los camiones C3 en el sentido 1 fue 49% mayor al peso promedio obtenido para el sentido 2. En el caso de los T2S2 los que circulan hacia Tuxpan pesaban, en promedio, 79% más que los que se dirigían a la Ciudad de México (CDMX). Una remota, pero posible, explicación para estos dos casos sería que los que se dirigen hacia el puerto llevan carga y los que circulan hacia la CDMX son viajes en vacío. Sin embargo, esas grandes diferencias no ocurren para las demás configuraciones vehiculares de carga.

Los PBV promedio obtenidos para 2017 fueron considerablemente menores a los obtenidos en 2016. También existen diferencias considerables en los resultados obtenidos por sentido de circulación. Para 2019 los PBV promedio obtenidos fueron un poco más consistentes, pero también existen diferencias considerables en los resultados obtenidos por sentido de circulación.

Tabla 3.2 Peso bruto vehicular

Vehículo	Sentido	2016		2017		2019	
		Muestra	PBV	Muestra	PBV	Muestra	PBV
Autobuses	1	16 587	15.60	52 837	8.20	123 728	12.6
	2	15 082	12.20	61 132	12.18	117 348	12.3
C2	1	11 910	7.30	44 272	3.11	147 535	5.7
	2	11 049	4.90	42 562	3.64	142 773	6.4
C3	1	12 203	16.40	31 486	7.99	128 606	13.5
	2	8 333	15.30	23 686	11.62	120 752	17.2
T2S2	1	1 593	17.90	4 556	10.22	27 435	16.2
	2	1 025	10.00	3 802	9.69	17 863	13.8
T3S2	1	10 121	27.80	51 196	13.24	241 527	20.7
	2	4 796	21.80	35 462	15.56	175 652	27.9
T3S3	1	2 918	35.20	13 160	17.46	52 148	29.4
	2	3 243	34.40	24 482	23.90	92 520	38.8
T3S2R4	1	3 035	42.00	4 026	9.88	2 596	13.9
	2	1 436	41.30	1 701	14,17	2 341	22.6

Fuente: elaboración propia

Debido a las diferencias por sentido de circulación, de manera similar a lo publicado para los datos de 2017, en la Tabla 3.3 se muestran los resultados obtenidos en 2019 para cada una de las cuatro básculas instaladas, dos por sentido de

circulación. Se indica el número de vehículos para los que se obtuvo dicho promedio.

Tabla 3.3 PBV promedio por sentido de circulación y carril

Tipo de vehículo	Sentido 1 (hacia Tuxpan)				Sentido 2 (hacia CDMX)			
	Aforo		PBV promedio		Aforo		PBV promedio	
	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril derecho	Carril izquierdo
B2	101598	22139	12.20	14.52	51133	66215	12.20	12.34
B3	30198	5655	14.11	16.51	8726	18551	16.08	16.28
C2	113897	33638	5.67	5.93	57879	84894	6.94	6.10
C3	105686	22920	13.32	14.24	46147	74605	16.08	17.95
T3S2	211711	29816	20.35	23.03	77037	98615	27.67	28.03
T3S3	47326	4822	29.63	27.23	38273	54247	38.33	39.15
T3S2R4	1962	634	12.48	15.38	808	1533	15.84	26.12

Fuente: elaboración propia

En el sentido uno, por el carril derecho circulan la mayoría de los vehículos, 88% del flujo vehicular. En el sentido dos en el carril derecho circula el 41%.

Los PBV promedio en ambos carriles es similar, sin embargo, en el caso de los T3S2R4, el peso registrado está muy por debajo de lo esperado y en el caso del sentido dos, se observa una diferencia considerable en lo registrado en cada carril.

3.3 Velocidad

Para las diferentes configuraciones, en la Tabla 3.4 se muestran los resultados obtenidos del promedio de la velocidad. En 2016 no se obtuvo la velocidad de motocicletas ni autos y los resultados de los autobuses se muestran agregados.

Los resultados por sentido de circulación reportados para los datos de 2016, 2017 y 2019, mostraron que los vehículos hacia la Ciudad de México circulaban, en promedio, a menor velocidad que hacia Tuxpan. En la Tabla 3.5 se muestran los resultados por sentido de circulación y por carril para 2019.

Tabla 3.4 Comparación del promedio de velocidades

Vehículo	Año					
	2016		2017		2019	
	Vehículos	Velocidad	Vehículos	Velocidad	Vehículos	Velocidad
Motos			12 431	96.9	80 018	86.2
A			720 118	106.0	2 327 250	98.7
Autobuses	31 669	81.7	113 969	84.4	304 206	82.8
B2			81 477	85.7	241 076	83.9
B3			32 492	81.0	63 130	78.5
C2	22 959	90.7	86 835	91.1	290 310	84.34
C3	20 536	77.5	55 172	80.0	249 358	74.6
T2S2	2 618	78.7	8 358	82.7	45 298	78.8
T3S2	14 917	76.9	86 658	79.7	417 179	73.86
T3S3	6 161	70.2	37 642	73.1	144 668	66.1
T3S2R4	4 471	73.1	5 727	77.4	4 937	62.2

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.5 Velocidad promedio por sentido de circulación y carril 2019

Tipo de vehículo	Sentido 1 (hacia Tuxpan)				Sentido 2 (hacia CDMX)			
	Muestra		Velocidad		Muestra		Velocidad	
	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril derecho	Carril izquierdo
Motos	22 461	27 639	74.6	90.2	133 223	16 595	90.4	91.8
Autos	775 090	426 177	90.9	106.2	459 722	666 261	101.1	101.3
B2	101 589	22 139	81.5	88.2	51 133	66 215	88.3	82.7
B3	30 198	5 655	77.8	89.1	8 726	18 551	84.0	73.9
C2	113 899	33 638	79.1	98.5	57 879	84 894	87.2	83.8
C3	105 686	22 920	75.5	88.6	46 147	74 605	75.4	68.5
T3S2	211 711	29 816	74.4	83.6	77 037	98 615	75.5	68.4
T3S3	47 326	4 822	67.8	82.0	38 273	54 247	70.1	60.5
T3S2R4	1 962	634	73.0	74.2	808	1 533	73.8	37.1
Todos	1 895 733	738 296	84.2	102.2	993 083	1 426 073	92.8	90.6

Fuente: elaboración propia

En el sentido uno, la velocidad de los vehículos que circularon por el carril izquierdo fue mayor que los que lo hicieron por el derecho.

De los resultados obtenidos, resalta la velocidad promedio de los T3S2R4 obtenida en el sentido dos en el carril izquierdo, 37.1 km/h.

3.4 Longitud

Para las diferentes configuraciones, en la Tabla 3.6 se muestran los resultados obtenidos del promedio de la longitud de los vehículos en 2016, 2017 y 2019. Así pues, en 2016 no se obtuvo la longitud de motocicletas, ni de autos, y los resultados de los autobuses se muestran agregados.

Tabla 3.6 Comparación del promedio de longitudes

Vehículo	Año					
	2016		2017		2019	
	Vehículos	Longitud	Vehículos	Longitud	Vehículos	Longitud
Motos			12 431	3.0	80 018	2.9
A			720 118	9.9	2327250	5.3
Autobuses	31 669	13.4	113 969	14.1	304206	14.1
B2			81 477	14.2	241076	14.1
B3			32 492	14.0	63130	14.3
C2	22 959	9.1	86 835	9.1	290310	9.1
C3	20 536	11.9	55 172	12.4	249358	12.2
T2S2	2 618	16.8	8 358	17.6	45298	16.6
T3S2	14 917	20.6	86 658	20.6	417179	19.2
T3S3	6 161	19.2	37 642	19.8	144668	19.0
T3S2R4	4 471		5 727	*	461	23.9

NOTA: * Para el 97% de los registros de 2017 y el 87% de 2019 se registró una longitud de 2.5

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 3.7 se muestran los resultados de la longitud media, obtenida para cada una de las cuatro básculas instaladas, dos por sentido de circulación. Se indica el número de vehículos para los que se obtuvo dicho promedio.

Los resultados muestran que la media de longitud es muy similar en las cuatro básculas.

Tabla 3.7 Longitud promedio por sentido de circulación y carril 2019

Tipo de vehículo	Sentido 1 (hacia Tuxpan)				Sentido 2 (hacia CDMX)			
	Muestra		Longitud		Muestra		Longitud	
	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril derecho	Carril izquierdo
Motos	22 461	27 639	2.98	2.62	13 223	16 595	3.12	2.99
Autos	775 090	426 177	5.34	5.40	459 722	666 261	5.17	5.34
B2	101 589	22 139	14.04	14.50	51 133	66 215	14.01	14.14
B3	30 198	5 655	14.13	14.51	8 726	18 551	14.62	14.23
C2	113 899	33 638	9.21	8.78	57 879	84 894	9.04	9.06
C3	105 686	22 920	12.39	11.88	46 147	74 605	12.04	12.24
T3S2	211 711	29 816	19.36	18.92	77 037	98 615	18.84	19.28
T3S3	47 326	4 822	19.10	18.94	38 273	54 247	18.73	19.08
T3S2R4	128	105	23.88	23.81	38	190	23.90	23.87

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Los resultados obtenidos tienen como base los datos recopilados por equipos de conteo automático y han sido proporcionados por la empresa concesionaria de la autopista México–Tuxpan. En México no existe una Norma Oficial Mexicana que establezca las características de precisión de los equipos de medición.

La clasificación vehicular que realizan los equipos de medición dinámica corresponde a la determinada por la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (Federal Highway Administration). Es conveniente que los equipos sean ajustados o calibrados de acuerdo con las características geométricas y de operación de los vehículos que circulan por las carreteras mexicanas.

A partir de la clasificación vehicular, se observa que su distribución no coincide, principalmente en el caso los T3S2R4, el sistema reportó 0.1% y DV 3.9% de participación en el tránsito.

Una posible explicación a lo descrito anteriormente, podría ser que el algoritmo del sistema dinámico no clasifica adecuadamente a los T3S2R4. Conjuntamente, para esta configuración se registró una longitud, en el 87% de los casos, de 2.5 metros.

A partir de las gráficas obtenidas para el peso bruto vehicular PBV, se observaron porcentajes considerables de registros que, de acuerdo con el tipo de vehículo, están muy por debajo del peso promedio observado en el EECAN, incluso debajo del peso de los vehículos vacíos. Con base en estos resultados, es evidentemente que el sistema presenta problemas de calibración.

El porcentaje de vehículos que excedieron el límite máximo permitido fue muy bajo.

Los resultados de la velocidad mostraron que un porcentaje considerable de vehículos superó la velocidad máxima permitida. El 30.3% de los autos circulan a más de 110 km/h. Los autobuses tienen un límite de 95 km/h, 21.9% los autobuses B2 exceden ese límite y 16.4% de los B3 también. El límite para los vehículos de carga es de 80km/h, 58% de camiones C2 lo excedieron, 38% de C3, 35% de T3S2, 20% de T3S3 y 23% de T3S2R4 también excedieron esa velocidad.

La longitud máxima permitida para los autobuses es de 14 m, el porcentaje de B2 que excedieron ese límite fue de 52% y 56% los B3. Para los camiones unitarios, el límite es de 14 m. Los C2 excedidos sólo fueron el 1.2% y 19% los C3. Los tractocamiones simplemente articulados tienen la restricción de 23 m de largo. El 17% de T3S2 excedieron el límite y 1% los T3S3.

En resumen, de los 5 millones 53 mil 185 vehículos registrados, un millón 782 mil 525, el 35.2%, excede el límite de velocidad autorizado; de un millón 405 mil 721 configuraciones (autobuses, camiones y tractocamiones T3S2 y T3S3), 283 mil 807, 20% excede la longitud permitida.

Bibliografía

DGAF, 2021. Estadística Básica del Autotransporte Federal 2020. Dirección General de Autotransporte Federal. Disponible en: <http://sct.gob.mx/?id=7221>. Consultada en julio de 2021.

DGST, 2020. Datos Viales 2020. Dirección General de Servicios Técnicos. Disponible en: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-vialkes/2020/>. Consultada en junio de 2021.

DOF, 2017. NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, 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. Diario Oficial de la Federación, publicado el 26 de diciembre de 2017.

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, 2019. Plan Nacional de Desarrollo 2019–2024, 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.

HORTON, 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

IMT, 2017. Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales 2016. Documento Técnico No. 69. Instituto Mexicano del Transporte. San Fandila, Querétaro, p. 75.

IMT, 2020. Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales 2019. Documento Técnico No. 80. Instituto Mexicano del Transporte. San Fandila, Querétaro, p. 2.

INEGI, 2020a. Base de datos de Mortalidad General 2019: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en:

<http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/conyinuas/mortalidad/MortalidadGeneral.asp>, Consultada en julio de 2021.

INEGI, 2020b. Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas 2019: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/programas/accidentes/#Tabulados>, Consultada en julio de 2021.

INSP, 2021. México, séptimo lugar mundial en siniestros viales. Instituto Nacional de Salud Pública. Disponible en: <http://www.insp.mx/avisos/4761-seguridad-vial-accidentes-transito.html>, Consultada en julio de 2021.

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. 2nd 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.

OCDE, 2017. Revisión de la Regulación del Transporte de Carga en México. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. OECD Publishing, 2017.

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, 2016. Foro “Pesos y dimensiones de las configuraciones vehiculares que transitan en las Vías Federales de Comunicación”. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Senado de la República, 26 de octubre de 2016.

SCT, 2018. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras 2018. Dirección General de Servicios Técnicos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Tercera Edición, México, julio de 2018. P. 121, 186.

SCT, 2020. Programas Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020–2024, Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT, Ciudad de México.



COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado Galindo"
Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. Pedro Escobedo,
Querétaro, México. C.P. 76703
Tel: +52 (442) 216 97 77 ext. 2610
Fax: +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>