



---

---

# **Análisis estadístico para la generación de información proveniente de estaciones dinámicas de medición de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares para 2017**

José Luis Gutiérrez Hernández  
Nadia Gómez González  
Jesús Manuel Chavarría Vega

**Publicación Técnica No. 605  
Sanfandila, Qro, 2020**



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**  
**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Análisis estadístico para la generación de  
información proveniente de estaciones dinámicas  
de medición de pesos, dimensiones y velocidades  
vehiculares para 2017**

**Publicación Técnica No. 605**  
**Sanfandila, Qro, 2020**

---



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, la M.I. Nadia Gómez González y el Dr. Jesús Manuel Chavarría.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna SI 01/19 Análisis estadístico para la generación de indicadores operativos de la información proveniente de estaciones dinámicas de medición de pesos, dimensiones y velocidades vehiculares para 2017.



# Contenido

---

Contenido .....	iii
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficas y figuras .....	vii
Sinopsis .....	xi
Abstract .....	xiii
Resumen ejecutivo .....	xv
Peso bruto vehicular .....	xv
Velocidad .....	xvi
Dimensiones .....	xvi
Introducción y antecedentes .....	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 Configuración vehicular y su distribución .....	13
2.2 Peso bruto vehicular .....	17
2.2.1 Autobuses de dos ejes B2 .....	18
2.2.2 Autobuses de tres ejes B3 .....	22
2.2.3 Camión de dos ejes C2 .....	25
2.2.4 Camión de tres ejes C3 .....	28
2.2.5 Tractocamión simplemente articulado T3S2 .....	31

2.2.6	Tractocamión simplemente articulado T3S3 .....	35
2.2.7	Tractocamión doblemente articulado T3S2R4 .....	39
2.3	Análisis de Velocidades .....	45
2.3.1	Autos.....	45
2.3.2	Autobuses B2.....	45
2.3.3	Autobuses B3.....	47
2.3.4	CamionesC2 .....	49
2.3.5	Camiones C3. ....	50
2.3.6	Tractocamiones T3S2 .....	51
2.3.7	Tractocamiones T3S3 .....	52
2.3.8	Tractocamiones T3S2R4.....	53
2.4	Análisis de longitudes .....	54
2.4.1	Autobuses B2.....	54
2.4.2	Autobuses B3.....	55
2.4.3	Camiones C2 .....	56
2.4.4	Camiones C3 .....	57
2.4.5	Tractocamiones T3S2 .....	58
2.4.6	Tractocamiones T3S3 .....	59
2.4.7	Tractocamiones T3S2R4.....	60
3	Comparación de resultados.....	61
3.1	Tránsito promedio diario y distribución vehicular .....	61
3.2	Peso bruto vehicular .....	61
3.3	Velocidad .....	63
3.4	Longitud .....	64
	Conclusiones.....	67

## Índice de tablas

---

Tabla 1.1	Clasificación vehicular de la FHWA .....	7
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	Distribución vehicular .....	15
Tabla 2.2	Comparación de distribuciones báscula vs Datos Viales .....	16
Tabla 2.3	Distribución de registros sin clasificación por su número de ejes .....	16
Tabla 2.4	PBV máximo en carreteras ET .....	18
Tabla 3.1	Tránsito diario promedio anual y distribución vehicular.....	61
Tabla 3.2	Peso bruto vehicular .....	62
Tabla 3.3	PBV vehicular promedio por sentido de circulación y carril.....	62
Tabla 3.4	Comparación del promedio de velocidades .....	63
Tabla 3.5	Velocidad promedio por sentido de circulación y carril 2017 .....	64
Tabla 3.6	Comparación del promedio de velocidades .....	64
Tabla 3.7	Longitud promedio por sentido de circulación y carril 2017 .....	65



## Índice de gráficas y figuras

---

Figura 1.1	Tramo Nuevo Necaxa–Tehuacán de la Carretera México Tuxpan.....	6
Grafica 2.1	Tránsito diario promedio mensual.....	13
Gráfica 2.2	Tránsito diario registrado del 8 al 23 de abril de 2017 .....	14
Gráfica 2.3	Tránsito diario promedio por día de la semana .....	14
Figura 2.1	Datos Viales de la carretera Nuevo Necaxa–Tehuacán en 2017 .....	15
Gráfica 2.4	Distribución promedio horaria .....	17
Gráfica 2.5	Histograma de frecuencias del PBV Autobuses B2 .....	18
Figura 2.2	B2, ejemplos de diferencias entre PBV y la suma de sus ejes .....	19
Gráfica 2.6	Histograma de distribución de frecuencias del peso en el eje 1 .....	20
Gráfica 2.7	Distribución de frecuencias acumuladas del peso en el eje 1 .....	20
Gráfica 2.8	Histograma de distribución de frecuencias del peso en el eje 2 .....	21
Gráfica 2.9	Distribución de frecuencias acumuladas del peso en el eje 2.....	21
Gráfica 2.10	Histograma de frecuencias del PBV Autobuses B3 .....	22
Gráfica 2.11	Histograma de distribución de frecuencias, peso en eje 1 .....	23
Gráfica 2.12	Distribución de frecuencias acumuladas, peso en eje 1 .....	23
Gráfica 2.13	Histograma de distribución de frecuencias, peso en eje 2y3 .....	24
Gráfica 2.14	Distribución de frecuencias acumuladas, peso en eje 2 .....	24
Gráfica 2.15	Histograma de frecuencias del PBV Camiones C2.....	25
Gráfica 2.16	Distribución de frecuencias del peso en el eje 1 de los C2 .....	26
Gráfica 2.17	Frecuencias acumuladas del peso en el eje 1 para los C2 .....	26
Gráfica 2.18	Distribución de frecuencias del peso en el eje 2 de los C2 .....	27
Gráfica 2.19	Frecuencias acumuladas del peso en el eje 2 de los C2 .....	27
Gráfica 2.20	Histograma de frecuencias del PBV Camiones C3.....	28
Gráfica 2.21	Distribución de frecuencias del peso en eje 1 del C3.....	29
Gráfica 2.22	Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el C3 .....	29
Gráfica 2.23	Histograma del peso en eje tándem para el C3 .....	30

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

---

del T3S2R4 .....	42
Gráfica 2.45 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem 01 del T3S2R4 .....	42
Gráfica 2.46 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem 02 del T3S2R4 .....	43
Gráfica 2.47 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem 02 del T3S2R4 .....	43
Gráfica 2.48 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem 03 del T3S2R4 .....	44
Gráfica 2.49 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem 03 del T3S2R4 .....	44
Gráfica 2.50 Distribución de velocidades para autos.....	46
Gráfica 2.51 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autos .....	46
Gráfica 2.52 Distribución de velocidades de los autobuses B2 .....	47
Gráfica 2.53 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autobuses B2.....	47
Gráfica 2.54 Distribución de velocidades de los autobuses B3 .....	48
Gráfica 2.55 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autobuses B3.....	48
Gráfica 2.56 Distribución de velocidades de los camiones C2 .....	49
Gráfica 2.57 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los C2 .....	49
Gráfica 2.58 Distribución de velocidades de los camiones C3 .....	50
Gráfica 2.59 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los C3 .....	50
Gráfica 2.60 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S2 .....	51
Gráfica 2.61 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S2 .....	51
Gráfica 2.62 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S3 .....	52
Gráfica 2.63 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S3 .....	52
Gráfica 2.64 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S2R4.....	53
Gráfica 2.65 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S2R4 .....	53
Gráfica 2.66 Distribución de frecuencias de la longitud de los autobuses B2.....	54
Gráfica 2.67 Frecuencias acumuladas de la longitud de los autobuses B2 .....	54

Gráfica 2.68 Distribución de frecuencias de la longitud de los autobuses B3 .....	55
Gráfica 2.69 Frecuencias acumuladas de la longitud de los autobuses B3 .....	55
Gráfica 2.70 Distribución de frecuencias de la longitud de los camiones C2 .....	56
Gráfica 2.71 Distribución de frecuencias de la longitud de los camiones C3 .....	56
Gráfica 2.72 Frecuencias acumuladas de la longitud de los camiones C3 .....	57
Gráfica 2.73 Frecuencias acumuladas de la longitud de los camiones C3 .....	57
Gráfica 2.74 Distribución de frecuencias de la longitud de los T3S2 .....	58
Gráfica 2.75 Frecuencias acumuladas de la longitud de los T3S2 .....	58
Gráfica 2.76 Distribución de frecuencias de la longitud de los T3S3 .....	59
Gráfica 2.77 Frecuencias acumuladas de la longitud de los camiones C3 .....	59

# 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 el presente estudio se analizan los datos obtenidos de la estación de pesaje dinámico localizada en el kilómetro 169+200 de la carretera Nuevo Necaxa–Tehuacán de la autopista México–Tlaxcala, ubicada en La Esperanza, Municipio de Tlaxiaco, Puebla. La carretera se localiza en su mayoría en terreno montañoso, 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.

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 Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos, estableciendo la correspondencia con los vehículos permitidos en la normativa mexicana.



# Abstract

---

Gross vehicle weight (GVW), length and operation speed of vehicles are three variables regulated by Mexican regulations.

This study analyzes the data obtained from the dynamic weighing station located at kilometer 169+200 of the Nuevo Necaxa–Tihuatlán highway on the Mexico–Tuxpan highway, located in La Esperanza, Municipality of Tlacuilotepec, Puebla. The road is mostly located in mountainous terrain, type A4, with a project speed of 110 Km/h and a cross section of 21m.

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

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–agosto de 2017.

### **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 permitida. El 42.1% de los autos circulan a más de 110 km/h. El límite para los autobuses de no circular a más de 95km/h p, 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 y antecedentes

---

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 60% de accidentes en las carreteras.

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. 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 no adecuados, 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, colocando al país en el séptimo lugar a nivel mundial en siniestros de tránsito, de acuerdo con datos de la ONU, de la SCT y otros organismos.

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.

## **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 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 (vigente la NOM-012-SCT-2-2017).

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.

De acuerdo con diversas publicaciones, en 2006 ya había 12 centros de pesaje, para 2010 se incrementaron a 59, en 2012 a 66 y pasaron a 70 en 2017.

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.

Actualmente, está en edición el 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 2016”.

## 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 2017. Se cotejarán los resultados con los valores máximos señalados en las normas actuales.

Igual que lo analizado en 2016, la información es la recopilada por la empresa concesionaria de la autopista México–Tuxpan, y 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 realizará con los datos provenientes del sistema instalado en la autopista México–Tuxpan para 2017. Se obtendrán las estadísticas de peso, longitud y velocidad para los automóviles (Tipo A), autobuses (Tipo B) y vehículos de carga (Tipo C). Se realizará la comparación de los resultados con los obtenidos en 2016.

## 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 realizará mediante los softwares para el manejo de bases de datos VisualFox y Minitab.

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

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes y en general el sector transporte, contará 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 podrá determinar la confiabilidad de la información generada por el sistema.



# **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 por el 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.

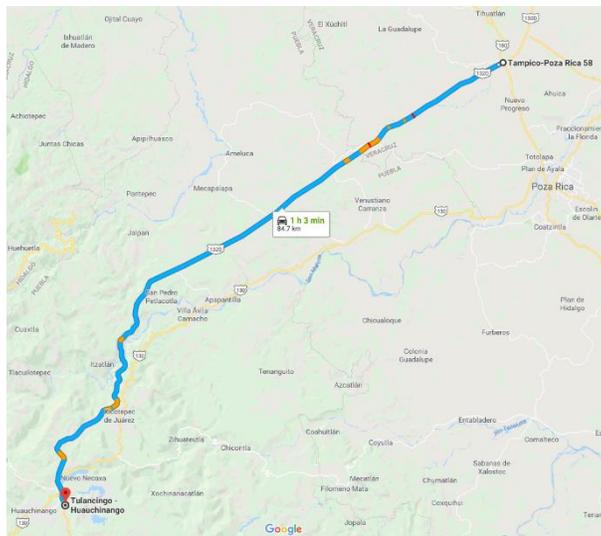
La vialidad se compone de dos cuerpos (A y B), separados físicamente mediante una barrera de concreto tipo New Jersey de 80cm de ancho. El cuerpo A, o sentido 1, corresponde a la circulación vehicular hacia Tuxpan y el cuerpo B, o sentido 2, hacia la Ciudad de México.

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), 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 21m 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.

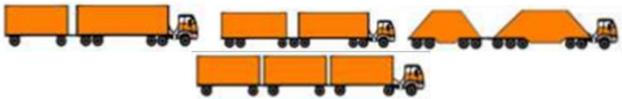
Cuenta con instrumentos para la medición dinámica (vehículo en movimiento) y el registro de datos. Para cada vehículo que circula, se obtiene la fecha y hora de circulación, el peso en cada eje y el peso bruto vehicular, la distancia entre ejes y la longitud total, velocidad y clasificación.

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), 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”.

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		C4 <sup>1</sup>
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 <sup>1</sup>
Tractor de 3 ejes, semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes			T3S2R4

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

Fuente: elaboración propia

## 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, 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 agosto de 2017. El registro es discontinuo, no se cuenta con datos de todos los días ni de todas las horas. En enero se registraron datos a partir de las 11:30 horas del día 2 y hasta las 23:00 del 17. Para febrero se inició en el día 9 y se terminó el 28. El 15 de febrero no se registró información de 4:00 a 16:00 horas. Lo anterior en ambos sentidos.



## 2 Resultados del procesamiento estadístico

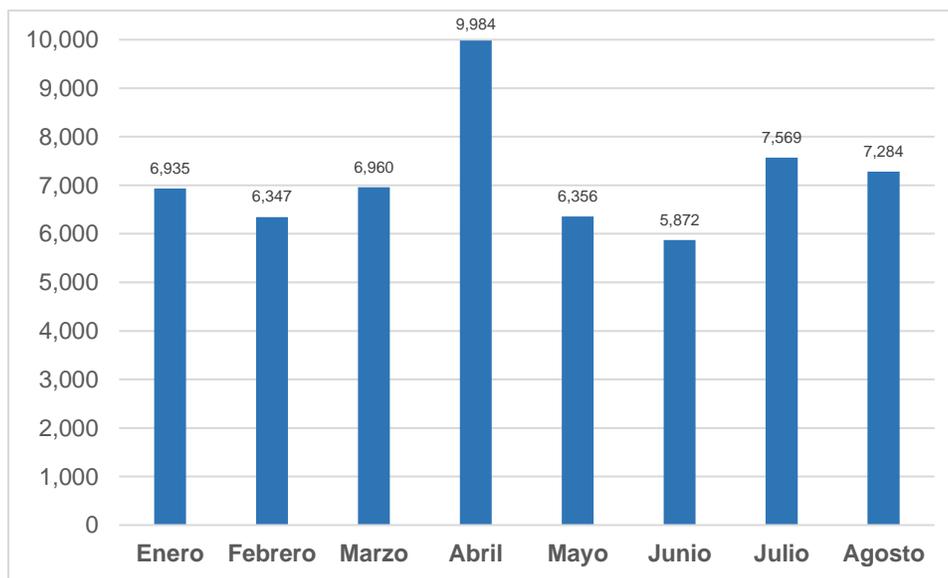
---

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 Configuración vehicular y su distribución

El número total de vehículos registrados por el sistema de pesaje dinámico, durante los 212 días analizados, fue de un millón 535 mil 548 durante 212 días. El tránsito diario promedio anual (TDPA), correspondiente fue de 7 mil 243 vehículos, el considerado en la etapa de proyecto sería de 10 mil 500 vehículos diarios.

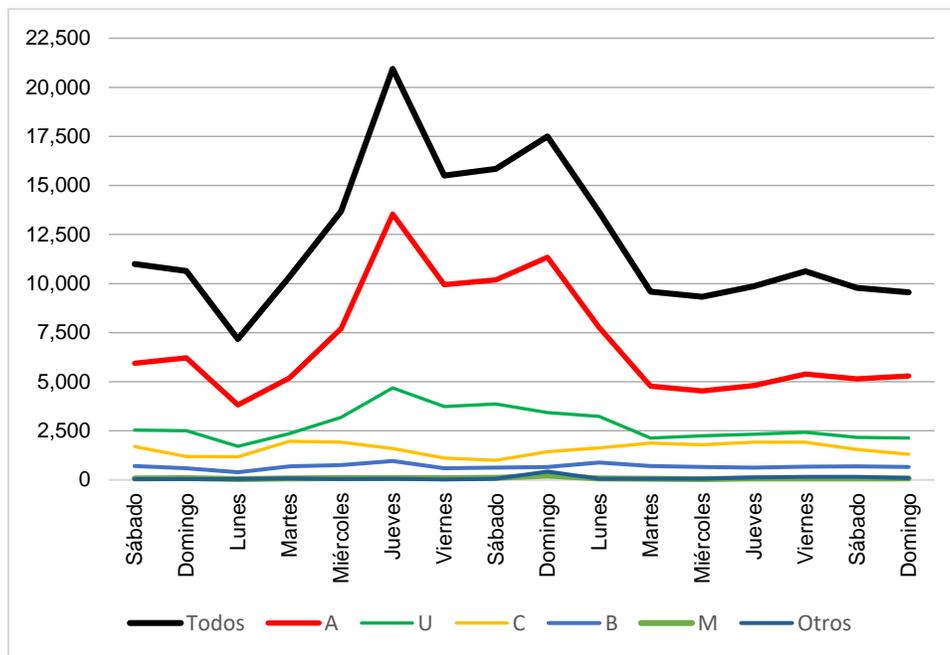
El tránsito diario promedio mensual se muestra en la Gráfica 2.1



Fuente: elaboración propia

#### Gráfica 2.1 Tránsito diario promedio mensual

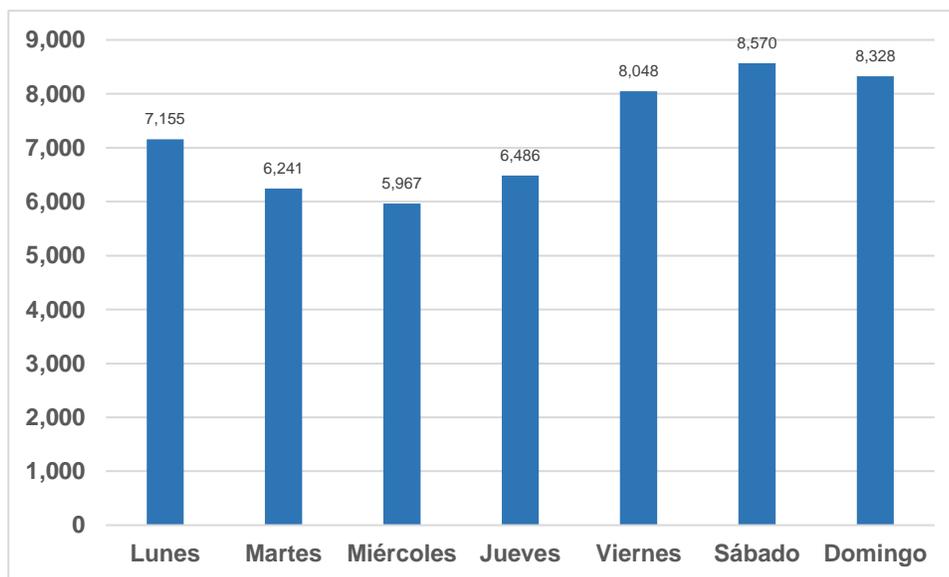
Para el mes de abril de 2017 se obtuvo el mayor promedio, el periodo vacacional escolar (semana santa) comenzó el día 9 y terminó el 21. Los mayores aforos se registraron el jueves 13 (20 mil 940 vehículos) y el domingo 16 (17 mil 491 vehículos). En la Gráfica 2.2 se muestra el promedio del tránsito diario en el periodo. El miércoles 28 de junio se registró el menor tránsito, 544 vehículos.



Fuente: elaboración propia

### Gráfica 2.2 Tránsito diario registrado del 8 al 23 de abril de 2017

En general, 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

La distribución vehicular se presenta en orden descendente en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Distribución vehicular**

Clase	Tipo	Vehículos	%
2	Autos	720 118	46.9
3	Utilitarios	345 857	22.5
5	C2	86 835	5.7
9	T3S2	86 658	5.6
4	B2	81 477	5.3
6	C3	55 172	3.6
10	T3S3	37 642	2.5
4	B3	32 492	2.1
13	<b>T3S2R3</b>	30 294	2.0
<b>0</b>	<b>Otros</b>	<b>25 966</b>	<b>1.7</b>
1	Motos	12 431	0.8
8	T2S2	8 358	0.5
13	<b>T3S2R4</b>	5 727	0.4
8	T2S1	3 284	0.2
13	T3S2R2	3 073	0.2
11	T2S1R2	122	0.0
12	T3S1R2	28	0.0
11	C2R2	14	0.0
Sumas		1 535 548	100.0

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 y la correspondiente a la distribución publicada en Datos Viales para el año 2017 (Figura 2.1)

VERACRUZ																				
54 CARR: Nuevo Necaxa - Tihuatlán (Cuota)				CLAVE:				RUTA: MEX-132D				AÑO: 2017								
LUGAR	ESTACION	CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS						
		KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD
T. C. Tejocotal - Nuevo Necaxa (Cuota)	0.00																			
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	1	1	3228	0.7	62.9	6.7	11.1	3.4	7.6	3.2	3.8	0.6	63.6	6.7	29.7	0.082	0.506	20.433175	-97.909012
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	1	2	3151	0.4	59.8	7.1	11.9	3.9	8.7	3.4	4.2	0.6	60.2	7.1	32.7	0.115	0.506	20.433190	-97.909008
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	3	1	2370	0.7	67.5	6.9	7.9	2.6	7.3	2.3	4.0	0.8	68.2	6.9	24.9	0.123	0.500	20.440055	-97.893124
T. Ramal a Ávila Camacho	36.65	3	2	2367	0.7	64.4	7.1	8.8	3.0	8.4	2.5	4.4	0.7	65.1	7.1	27.8	0.089	0.500	20.440048	-97.893128
X. C. Villa Lázaro Cárdenas - Mecapalapa	45.00	1	0	4384	0.8	62.4	7.8	7.3	3.6	8.3	3.4	5.5	0.9	63.2	7.8	29.0	0.109	0.515	20.491521	-97.795762
X. C. Villa Lázaro Cárdenas - Mecapalapa	45.00	3	0	4613	1.7	67.4	6.9	6.7	3.2	6.7	2.8	3.6	1.0	69.1	6.9	24.0	0.093	0.540	20.498603	-97.784136
Lim. Edos. Term. Pue. Ppia. Ver.	59.00																			
Tihuatlán	84.78	1	0	4637	0.9	66.1	7.5	6.6	3.0	7.9	3.0	4.1	0.9	67.0	7.5	25.5	0.085	0.506	20.657209	-97.529578

**Figura 2.1 Datos Viales de la carretera Nuevo Necaxa–Tihuatlán en 2017**

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”.

**Tabla 2.2 Comparación de distribuciones báscula vs Datos Viales**

Clase	Tipo	Distribución	
		Báscula	Datos viales 2017
2 y 3	A	69.4	66.1
9	T3S2	<b>5.6</b>	<b>7.9</b>
4	Autobuses	7.4	7.5
5	C2	5.7	6.6
13	<b>T3S2R4</b>	<b>0.4</b>	<b>4.1</b>
6	C3	3.6	3.0
10	T3S3	2.4	3.0
1	Motos	0.8	0.9
	Otros	<b>4.7</b>	<b>0.9</b>

Fuente: elaboración propia

En general, los porcentajes de participación en la composición vehicular son parecidos, excepto los obtenidos para el T3S2, T3S2R4 y Otros. 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, mientras que el porcentaje de “otros” es muy grande. Con base en lo anterior, se puede observar o deducir que el algoritmo del sistema no clasifica correctamente a los T3S2R4, probablemente los “confunde” con los T3S2R3 o no los clasifica.

Los vehículos **no clasificados** por el algoritmo del sistema (clase 0) son 25 mil 966. De acuerdo con el número de ejes en los que se registra peso, se distribuyen como se muestran en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Distribución de registros sin clasificación por su número de ejes**

Número de ejes										Suma
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
5	4	450	5 895	8 942	4 681	2 683	1 342	1 174	602	778

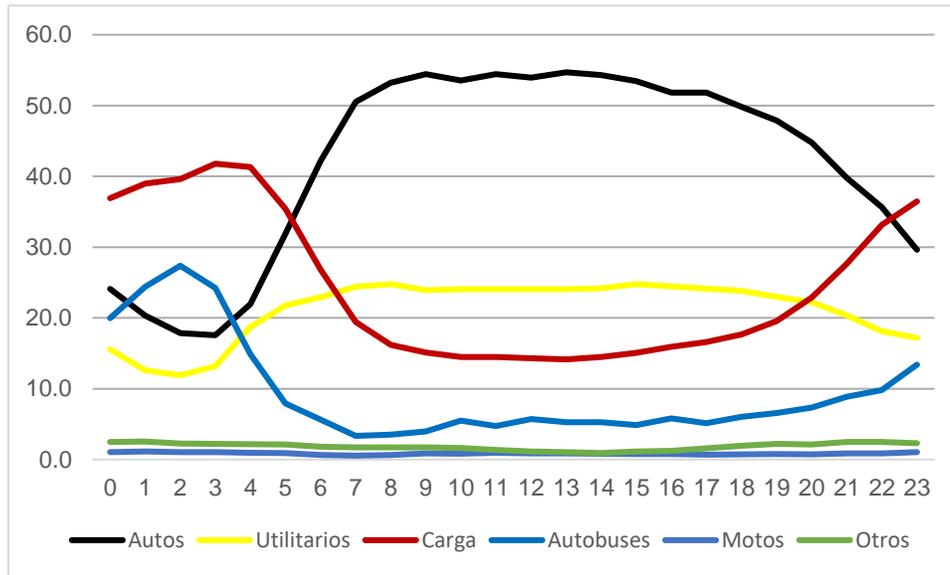
Fuente: elaboración propia

La diferencia, 188 registros, corresponde a datos que no registran peso en alguno de los primeros ejes, pero sí en los demás, por ejemplo, para 79 registros no se detectó peso en el primer eje, pero sí en los otros ocho.

En otras configuraciones también se detectaron errores, por ejemplo, para 19 mil

651 autos sólo se registró un eje.

En general, los autos son los vehículos que más participan en la composición del tránsito vehicular (46.9%). Sin embargo, a lo largo del día, la composición promedio varía; los vehículos de carga tienen más participación en el intervalo de 22:00 a 05:00 horas (ver Gráfica 2.4).



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.4 Distribución promedio horaria**

## 2.2 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 2.4 se muestra el PBV máximo permitido para carreteras ET.

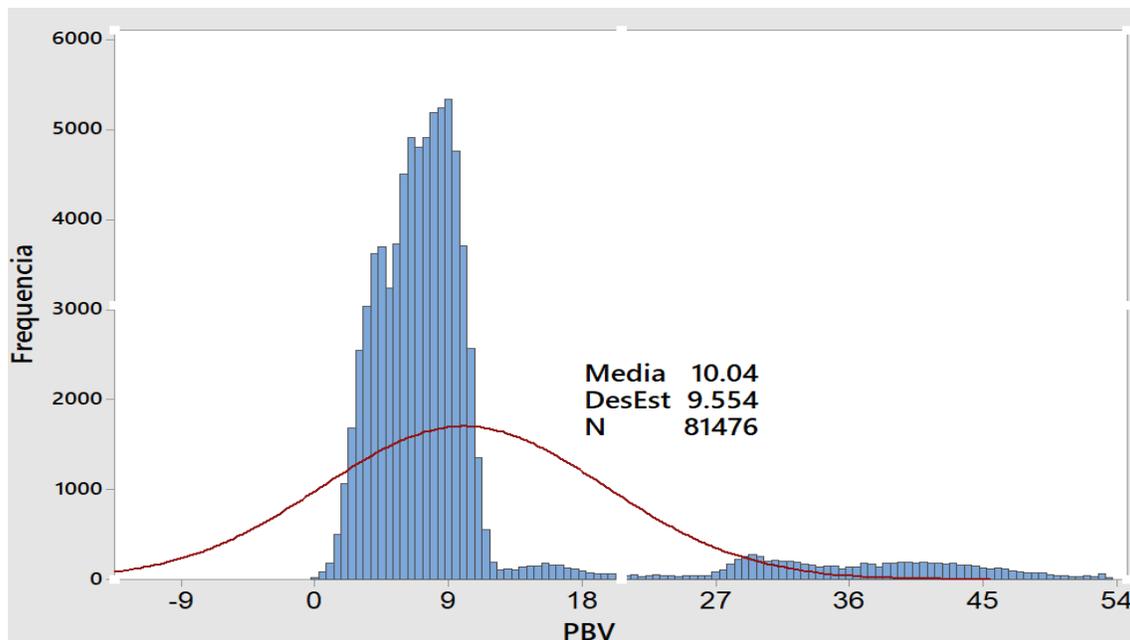
**Tabla 2.4 PBV máximo en carreteras ET**

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

## 2.2.1 Autobuses de dos ejes B2

Se registraron 81 mil 477 autobuses de dos ejes, de los cuales sólo en uno no se registró peso en el segundo eje. En la Gráfica 2.5 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, la media y la desviación estándar.



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.5 Histograma de frecuencias del PBV Autobuses B2**

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 31% de los registros, los PBV son menores a 6 toneladas y para el 10% los pesos fueron mayores a 20 toneladas.

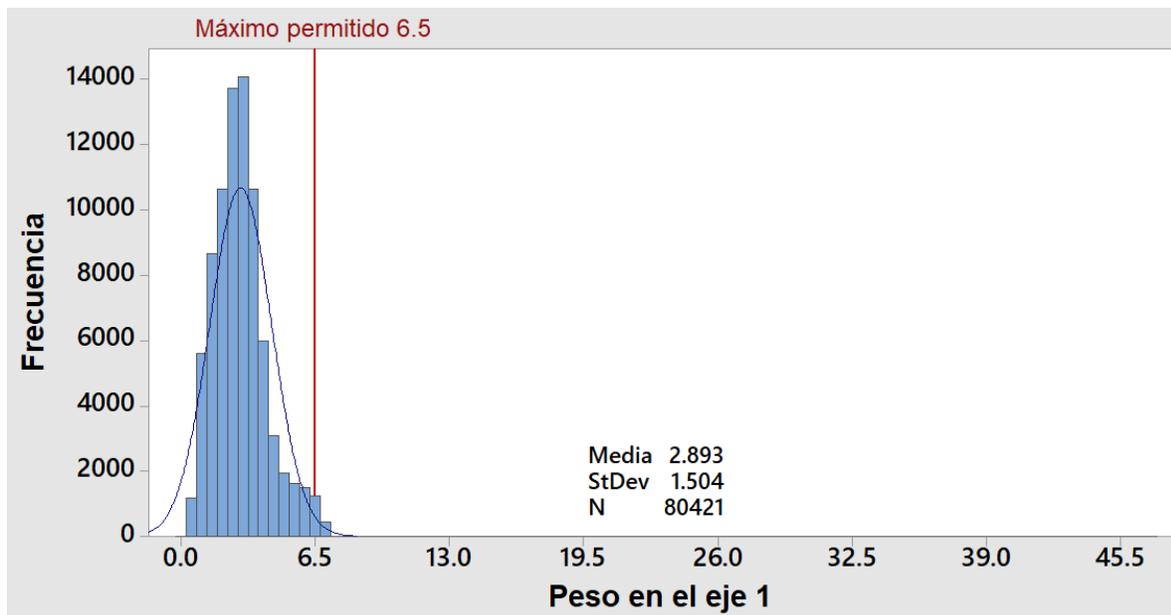
Para mil 55 registros (1.3% del total) la suma del peso en los dos ejes (E01+E02) no fue igual al PBV registrado por el sistema, para todos esos registros la diferencia entre el PBV y la suma E01+E02 es, sistemáticamente, de -65.5 toneladas. En la Figura 2.2 se muestran algunos ejemplos.

Vehículo	E01	E02	Pbv	Suma	Diferencia
B2	3.910	62.480	0.854	66.390	-65.5
B2	3.250	65.390	3.104	68.640	-65.5
B2	3.230	63.400	1.094	66.630	-65.5
B2	3.290	63.610	1.364	66.900	-65.5
B2	4.120	63.260	1.844	67.380	-65.5
B2	3.750	65.170	3.384	68.920	-65.5
B2	4.030	62.830	1.324	66.860	-65.5
B2	3.610	62.190	0.264	65.800	-65.5
B2	4.530	64.530	3.524	69.060	-65.5
B2	4.460	61.620	0.544	66.080	-65.5
B2	64.620	46.784	45.868	111.404	-65.5
B2	14.654	62.534	11.652	77.188	-65.5
B2	4.500	65.520	4.484	70.020	-65.5
B2	4.360	63.990	2.814	68.350	-65.5
B2	4.420	64.080	2.964	68.500	-65.5
B2	5.450	65.250	5.164	70.700	-65.5
B2	3.500	63.900	1.864	67.400	-65.5
B2	3.060	63.270	0.794	66.330	-65.5
B2	16.094	49.934	0.492	66.028	-65.5
B2	4.730	64.440	3.634	69.170	-65.5
B2	3.790	64.350	2.604	68.140	-65.5
B2	1.874	64.334	0.672	66.208	-65.5
B2	65.070	39.314	38.848	104.384	-65.5
B2	4.710	63.990	3.164	68.700	-65.5
B2	65.430	38.774	38.668	104.204	-65.5
B2	3.550	64.890	2.904	68.440	-65.5
B2	52.004	39.388	25.856	91.392	-65.5
B2	63.180	24.194	21.838	87.374	-65.5
B2	4.170	64.440	3.074	68.610	-65.5

Fuente: elaboración propia

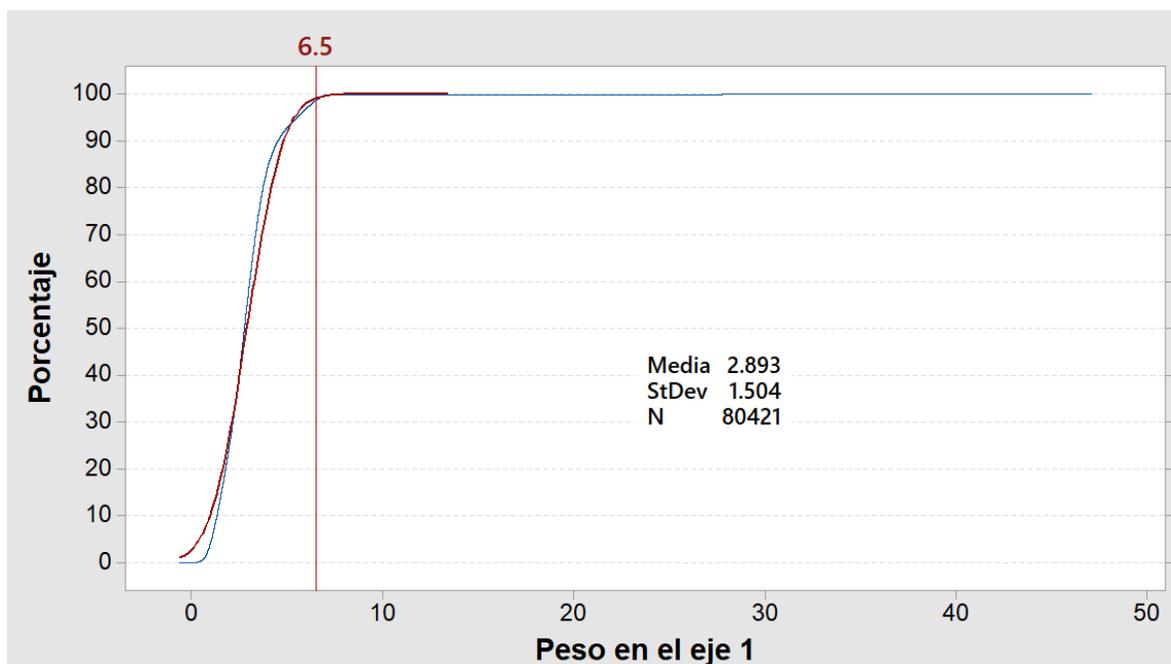
### Figura 2.2 B2, ejemplos de diferencias entre PBV y la suma de sus ejes

Considerando únicamente los registros sin diferencia, 80 mil 421, en la Gráfica 2.6 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y en la Gráfica 2.7 su distribución de frecuencias acumuladas. En la Gráfica 2.8 se muestra la distribución del peso en el eje 2 y en la Gráfica 2.9 su distribución de frecuencias acumuladas.



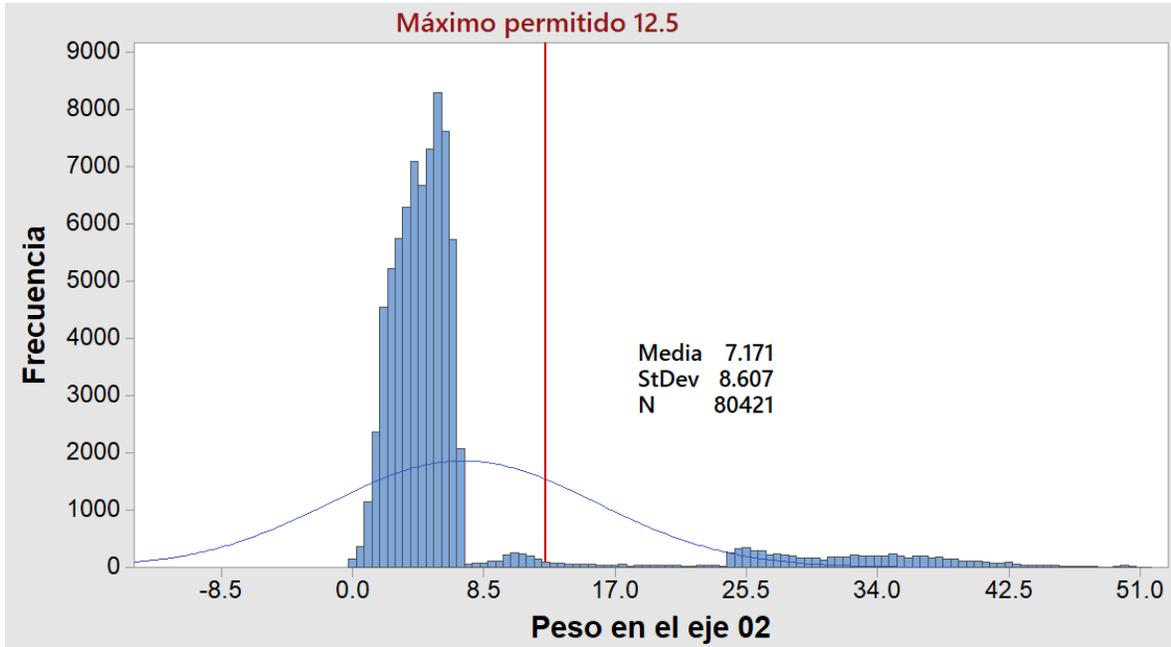
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.6 Histograma de distribución de frecuencias del peso en el eje 1**



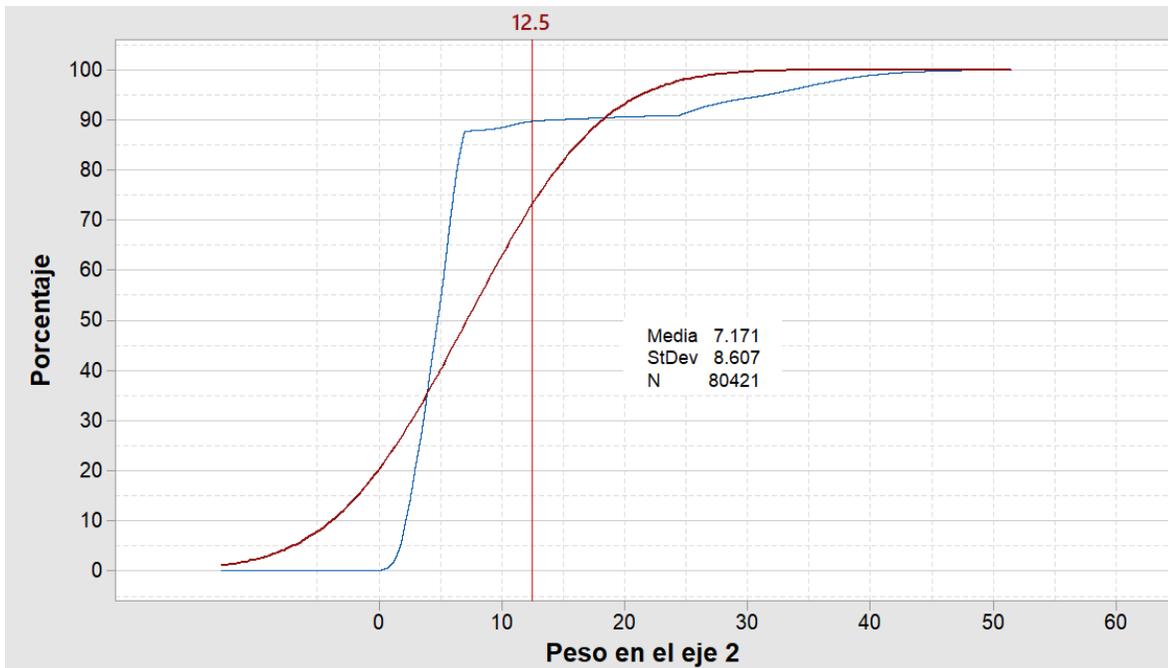
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.7 Distribución de frecuencias acumuladas del peso en el eje 1**



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.8** Histograma de distribución de frecuencias del peso en el eje 2



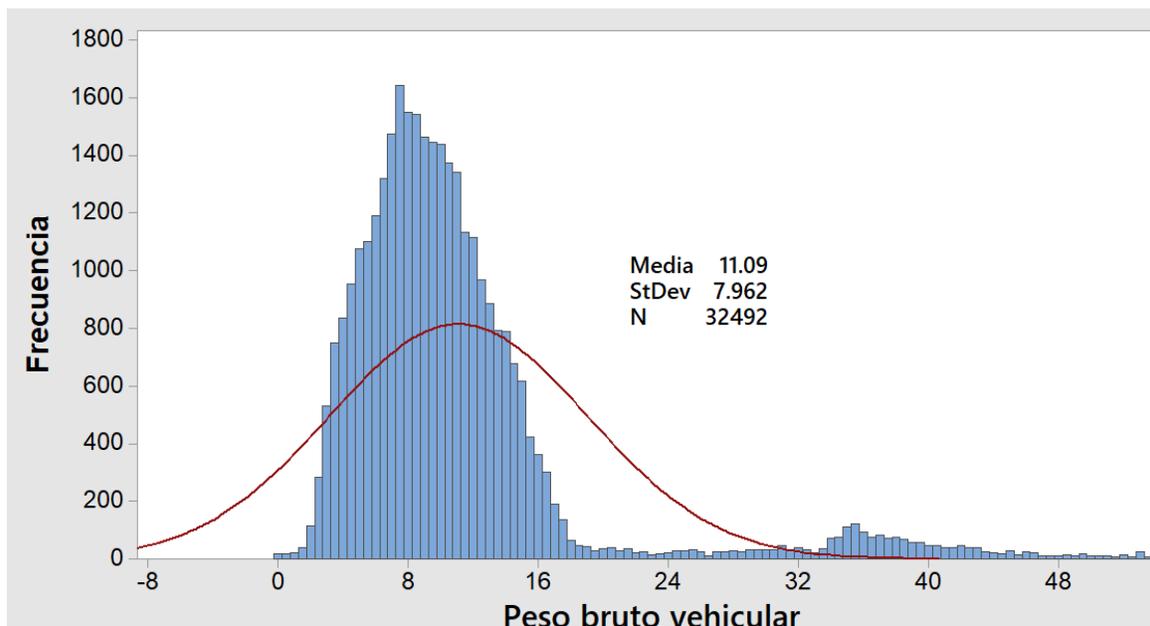
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.9** Distribución de frecuencias acumuladas del peso en el eje 2

## 2.2.2 Autobuses de tres ejes B3

Se registraron 32 mil 492 autobuses de tres ejes. En la Gráfica 2.10 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, la media y desviación estándar.

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.



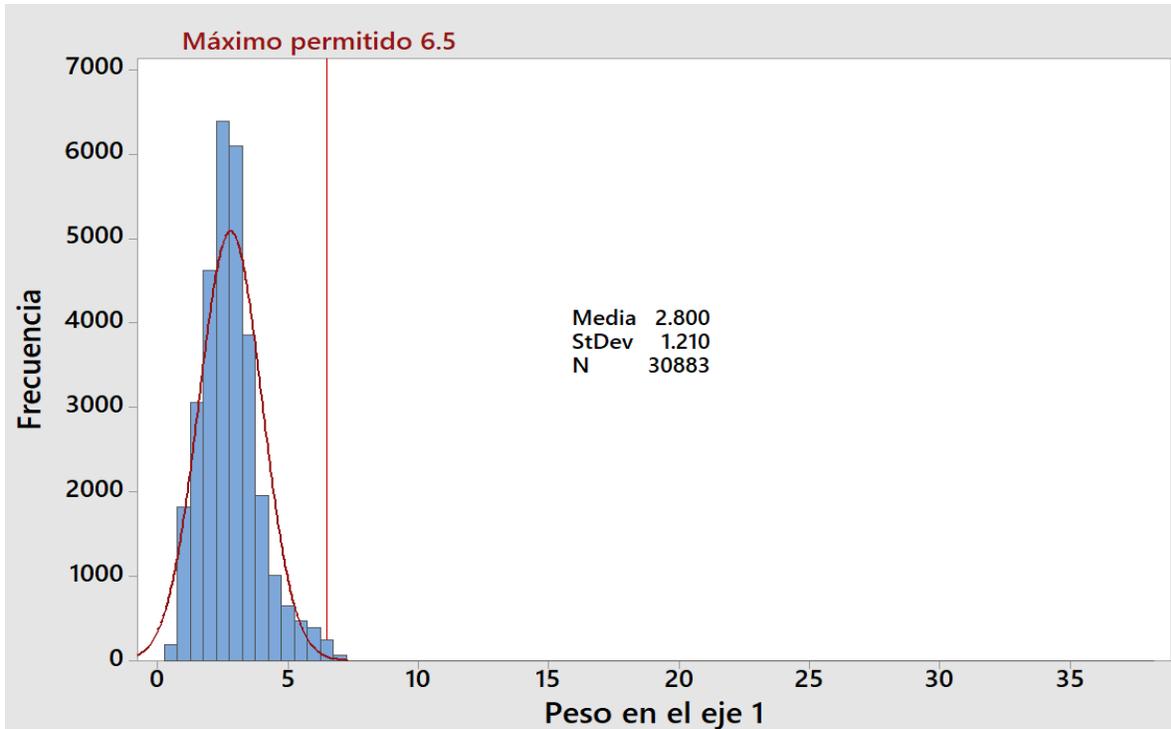
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.10 Histograma de frecuencias del PBV Autobuses B3**

Para el 56% se registraron PBV menores a 10 toneladas y para el 5.6% pesos mayores a 30 toneladas.

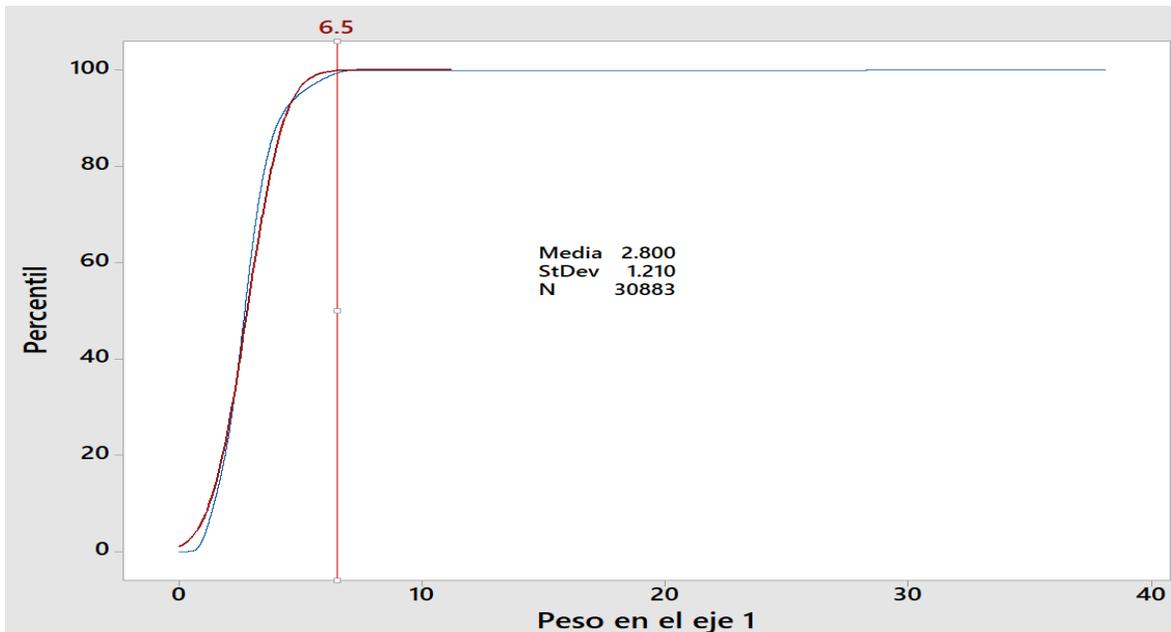
Para mil 609 registros (4.95% del total) la suma del peso en los tres ejes (E01+E02+E03) no es igual al PBV registrado por el sistema, para todos esos registros la diferencia entre el PBV y la suma del peso en los tres ejes, en el 99% de los casos es de -65.5 toneladas.

Considerando únicamente los registros sin diferencia, 80 mil 421, en la Gráfica 2.11 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y en la Gráfica 2.12 se muestra la su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.13 muestra la distribución del eje tándem (suma de los pesos en el segundo y tercer eje) y la Gráfica 2.14 su distribución de frecuencias acumuladas.



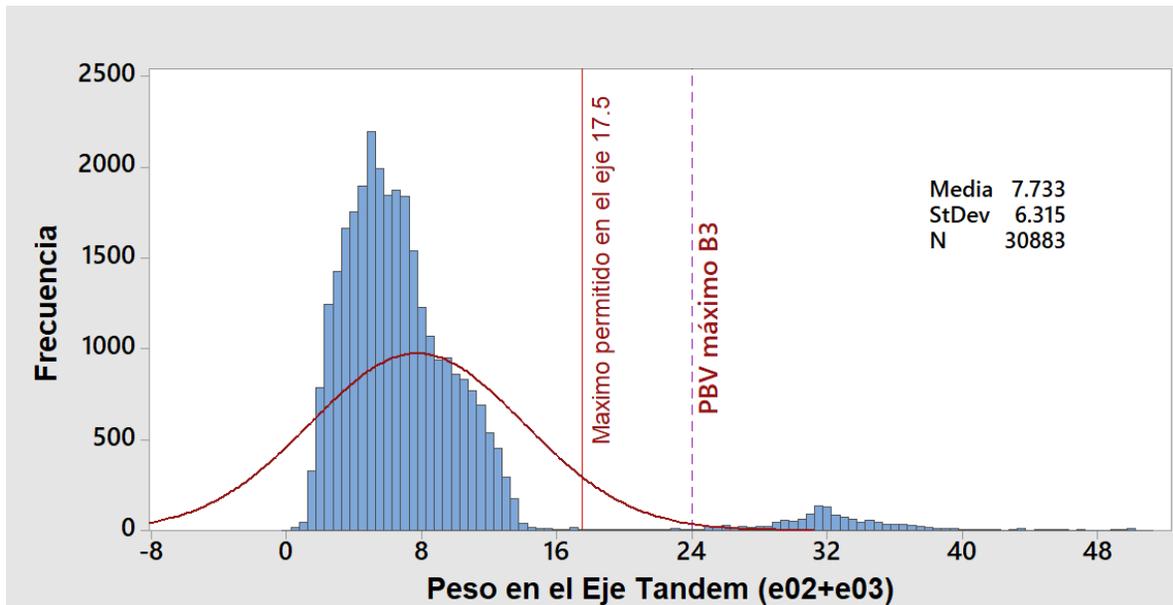
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.11** Histograma de distribución de frecuencias, peso en eje 1



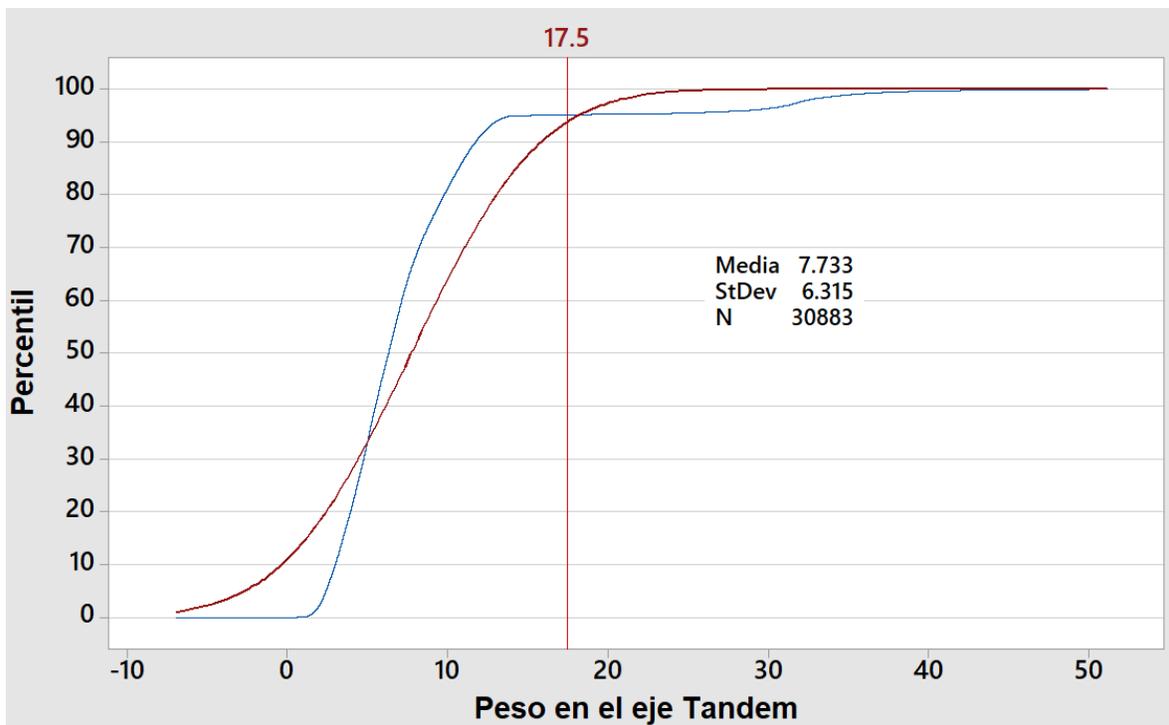
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.12** Distribución de frecuencias acumuladas, peso en eje 1



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.13** Histograma de distribución de frecuencias, peso en eje 2y3

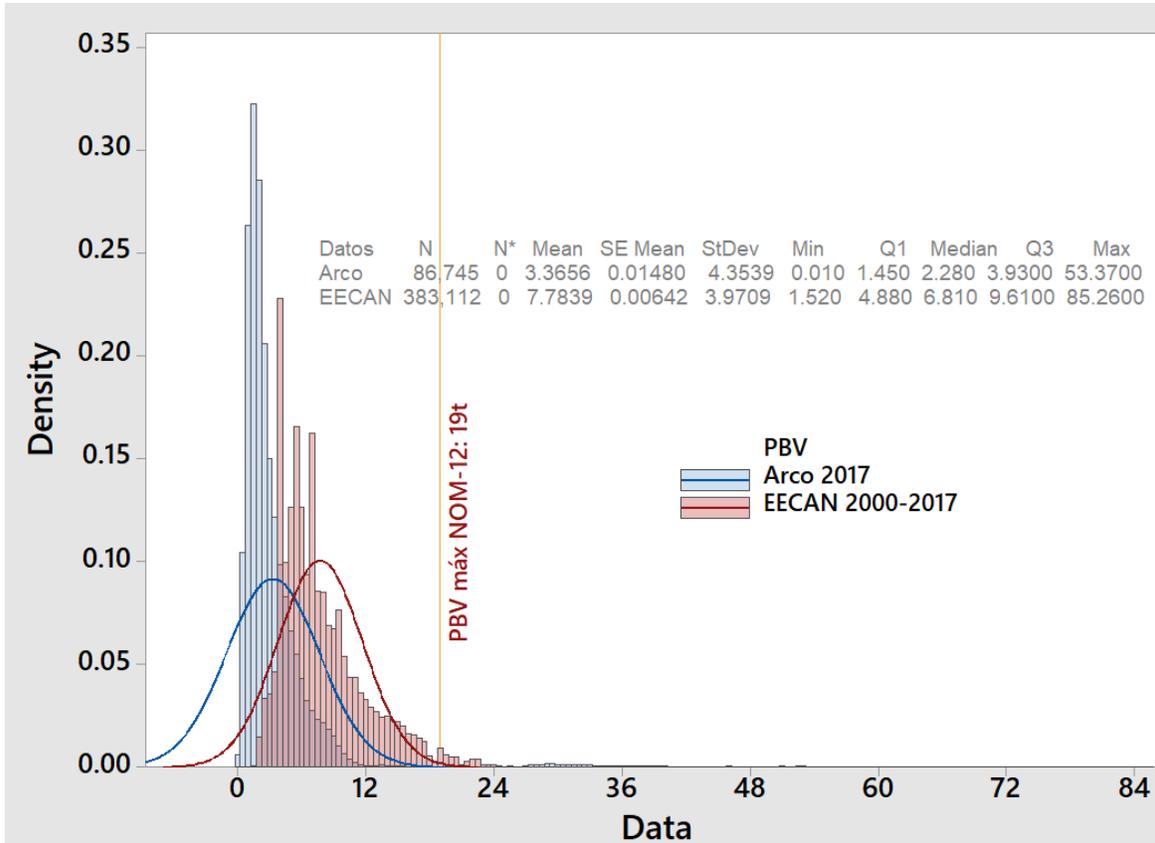


Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.14** Distribución de frecuencias acumuladas, peso en eje 2

### 2.2.3 Camión de dos ejes C2

Para estos vehículos se obtuvieron 86 mil 835 registros, sólo en uno no se registró peso en el primer eje y en 4 de ellos en el segundo eje. En la Gráfica 2.15 se muestran los histogramas de frecuencias para el PBV del sistema y el EECAN.



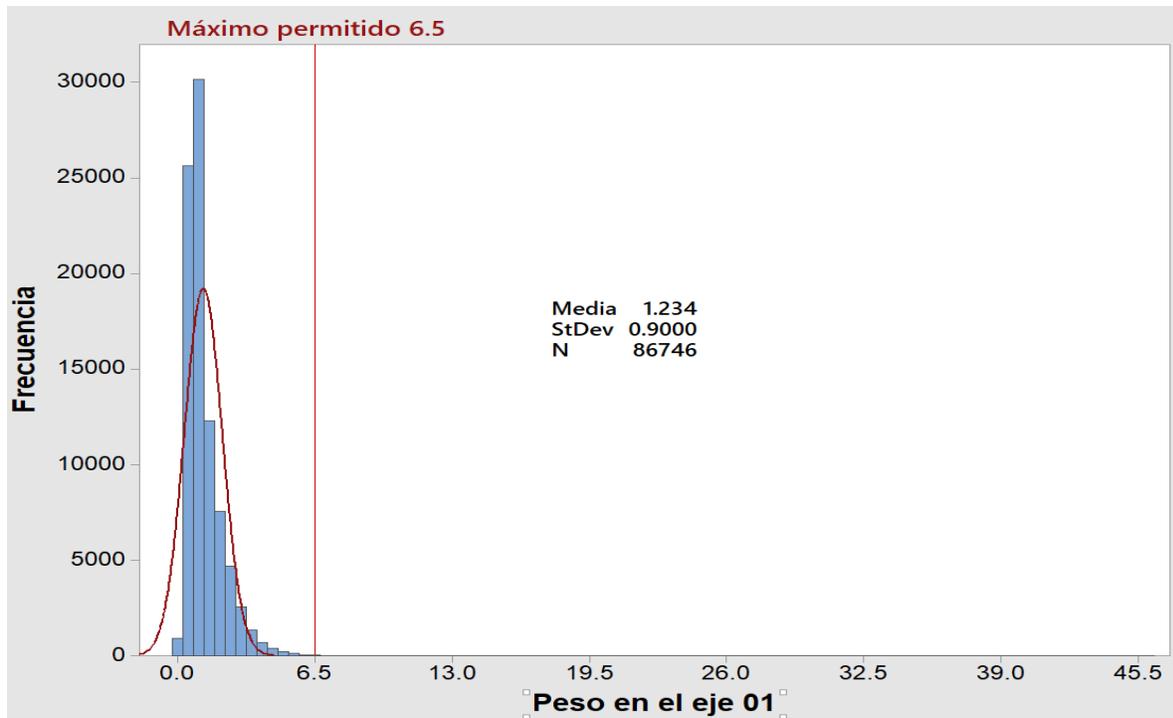
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.15 Histograma de frecuencias del PBV Camiones C2**

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 76% de los registros se obtuvieron PBV menores a 4 toneladas y para el 1.4% pesos mayores a 20 toneladas.

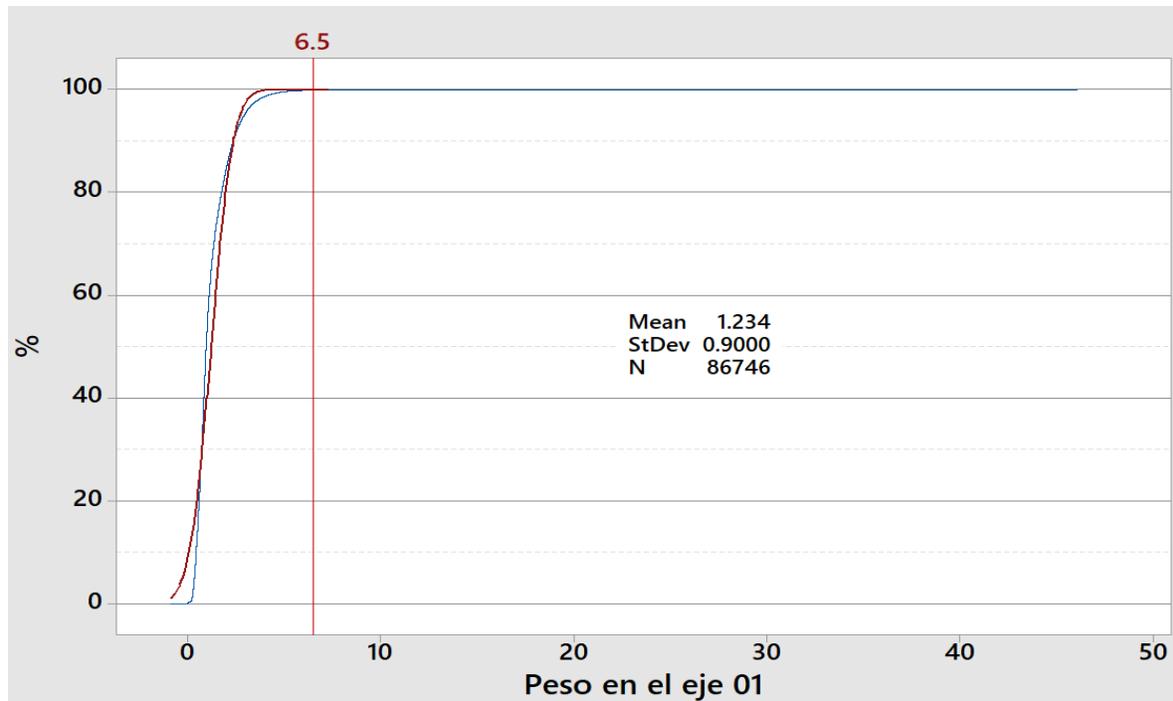
Para 89 registros la suma del peso en los dos ejes (E01+E02) no fue igual al PBV registrado por el sistema, la diferencia entre el PBV y la suma E01+E02 también fue de -65.5 toneladas.

Considerando únicamente los registros sin diferencia, 86 mil 746, en la Gráfica 2.16 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y la Gráfica 2.17 su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.18 se muestra la distribución del peso en el eje 2 y la Gráfica 2.19 su distribución de frecuencias acumuladas



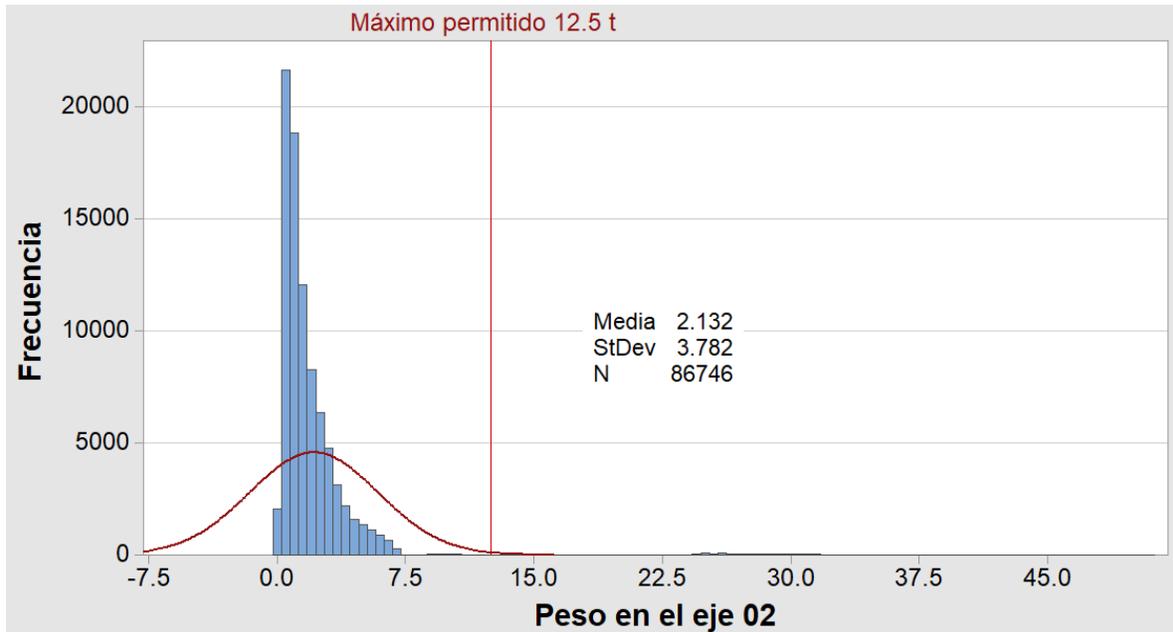
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.16 Distribución de frecuencias del peso en el eje 1 de los C2**



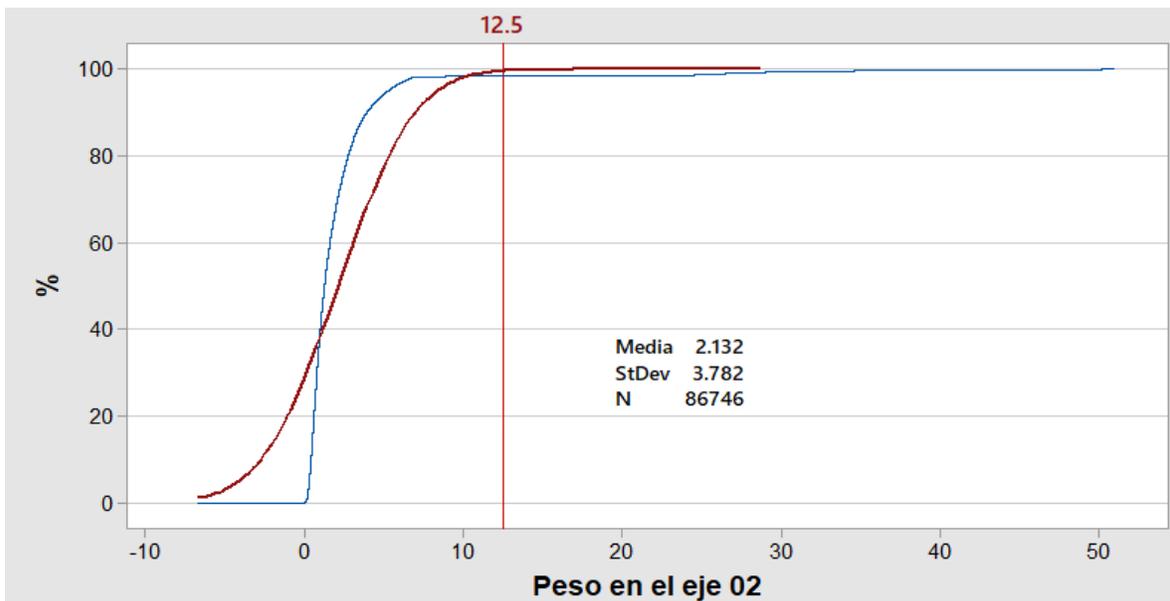
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.17 Frecuencias acumuladas del peso en el eje 1 para los C2**



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.18** Distribución de frecuencias del peso en el eje 2 de los C2



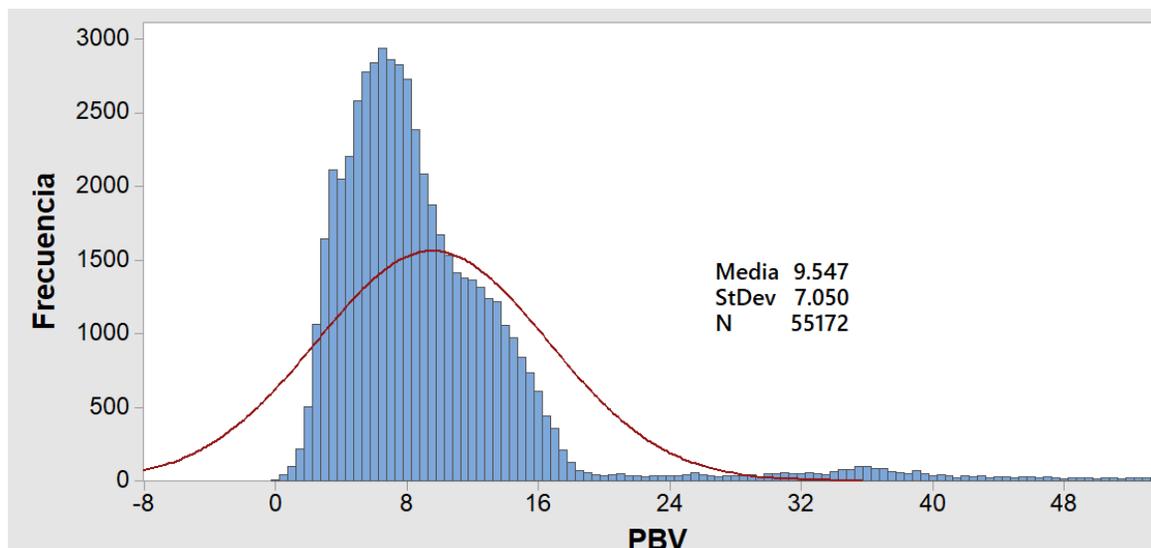
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.19** Frecuencias acumuladas del peso en el eje 2 de los C2

## 2.2.4 Camión de tres ejes C3

Se registraron 55 mil 172 camiones de tres ejes. En la Gráfica 2.20 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.



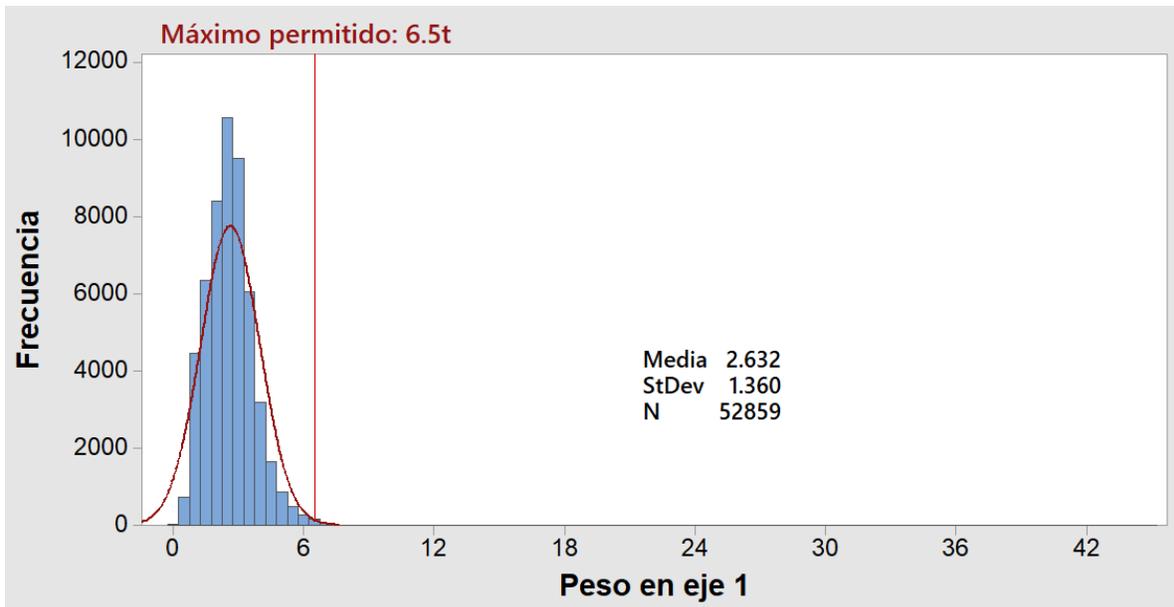
Fuente: elaboración propia

### Gráfica 2.20 Histograma de frecuencias del PBV Camiones C3

Para el 30% se registraron PBV menores a 6 toneladas y para el 4.2% pesos mayores a 25 toneladas.

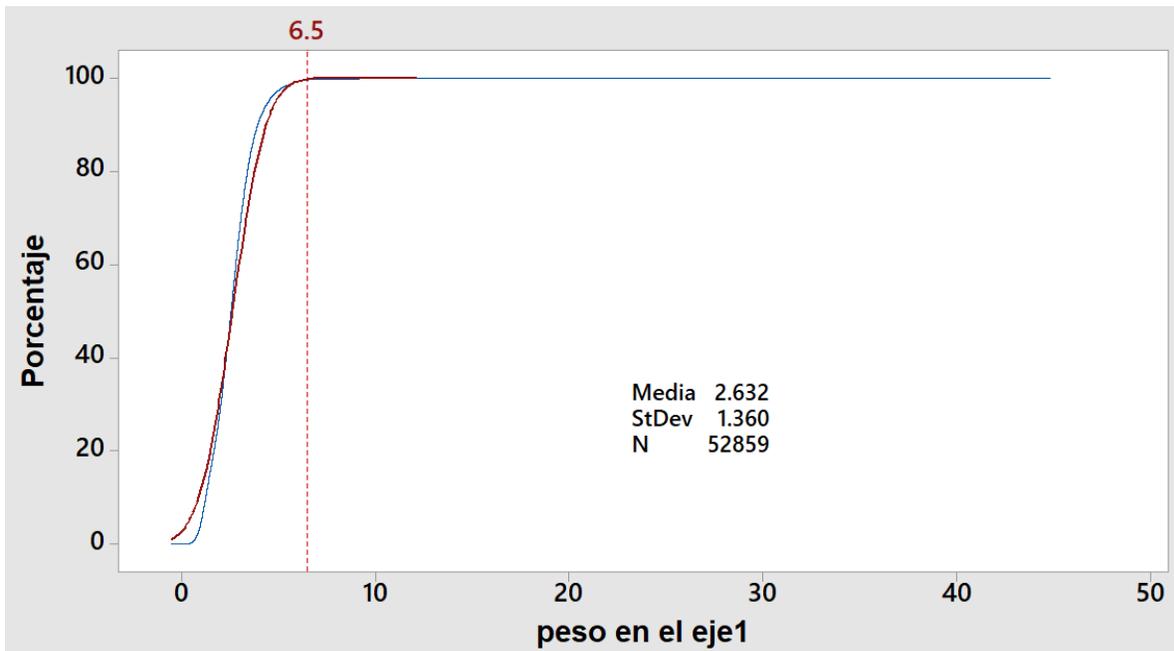
Para 2 mil 313 registros (4.2% del total) la suma del peso en los tres ejes (E01+E02+E03) no fue igual al PBV registrado por el sistema, para todos esos registros la diferencia entre el PBV y la suma del peso en los tres ejes, en el 99% de los casos fue de -65.5 toneladas.

Considerando únicamente los registros sin diferencia, 52 mil 859, en la Gráfica 2.21 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y en la Gráfica 2.22 se muestra su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.23 muestra la distribución del eje tándem (suma de los pesos en el segundo y tercer eje) y la Gráfica 2.24 su distribución de frecuencias acumuladas.



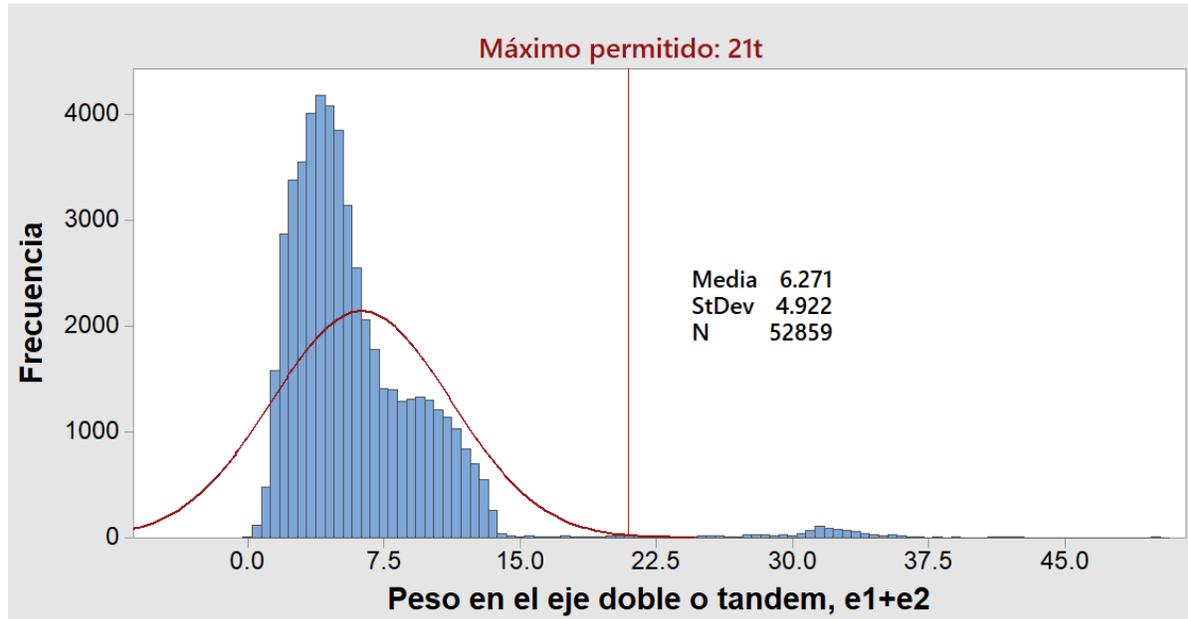
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.21** Distribución de frecuencias del peso en eje 1 del C3



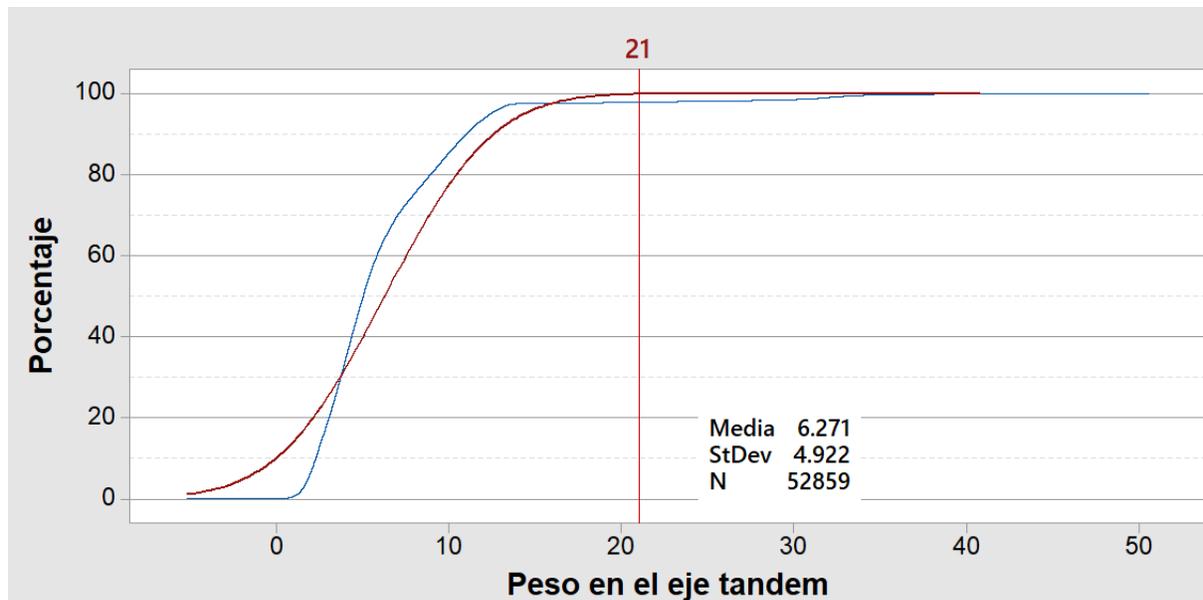
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.22** Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el C3



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.23 Histograma del peso en eje tándem para el C3**



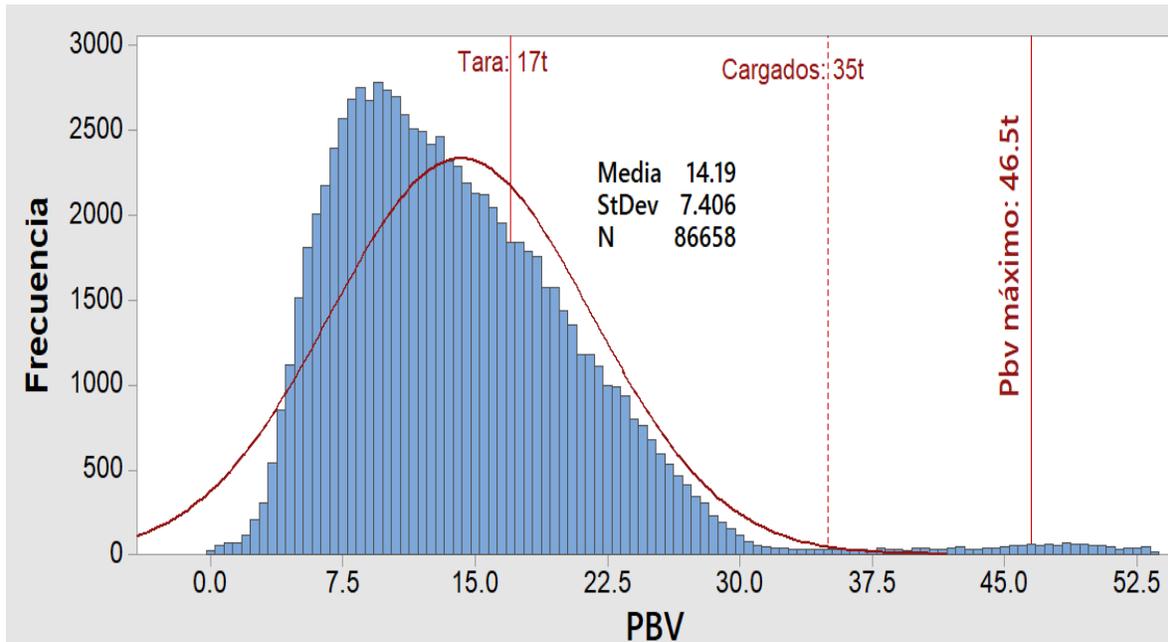
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.24 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem para el C3**

## 2.2.5 Tractocamión simplemente articulado T3S2

Se registraron 86 mil 658 tractocamiones T3S2. En la Gráfica 2.25 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.



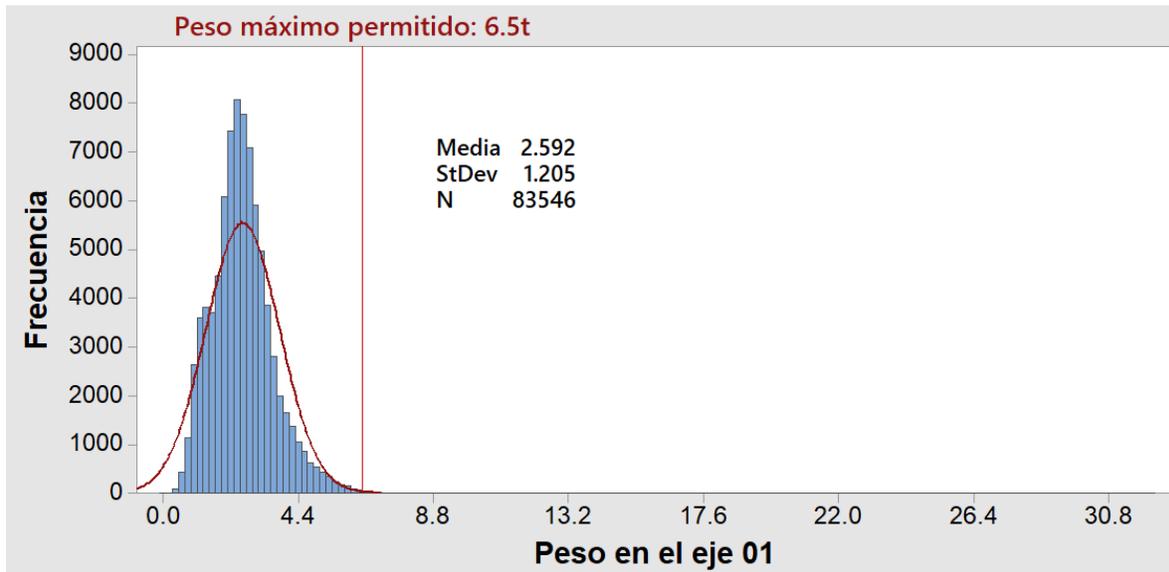
Fuente: elaboración propia

### Gráfica 2.25 Histograma de frecuencias del PBV para el T3S2

Para el 32% se registraron PBV menores a 10 toneladas y para el 0.8% pesos mayores a 46.5 toneladas.

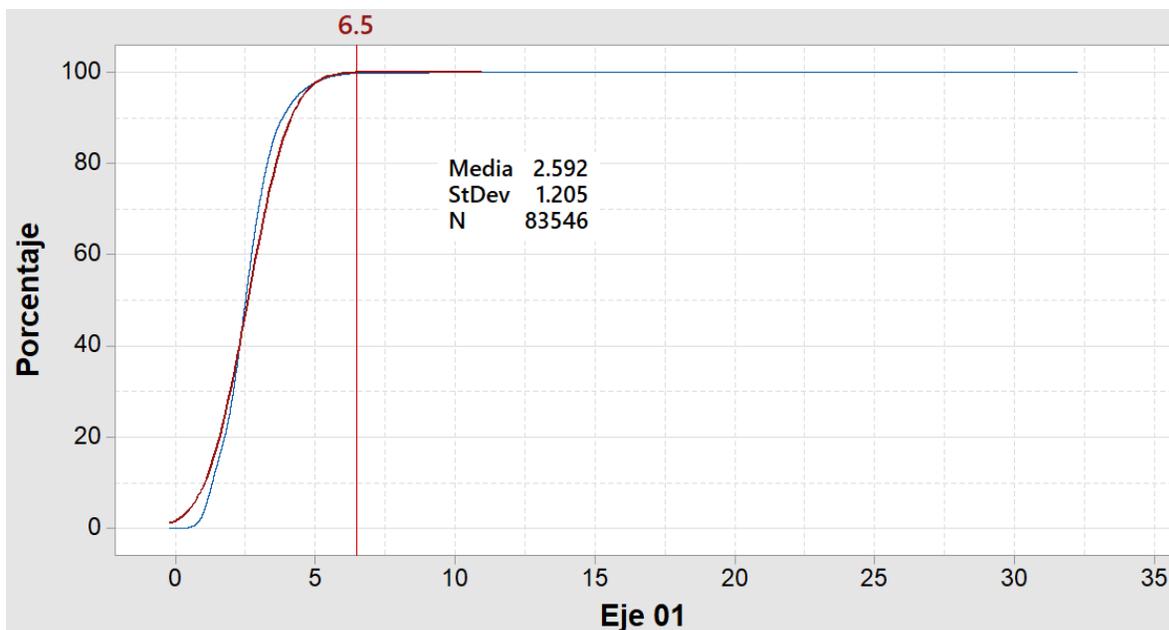
Para 3 mil 112 registros (3.6% del total) la suma del peso en los cinco ejes no fue igual al PBV registrado por el sistema, para todos esos registros la diferencia entre el PBV y la suma del peso en los cinco ejes, en el 99% de los casos fue de -65.5 toneladas.

Considerando únicamente los registros sin diferencia, 83 mil 546, en la Gráfica 2.26 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y la Gráfica 2.27 su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.28 muestra la distribución del eje motriz para el T3 y la Gráfica 2.29 su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.30 presenta la distribución del eje tándem del semirremolque S2 y la Gráfica 2.31 su distribución de frecuencias acumuladas.



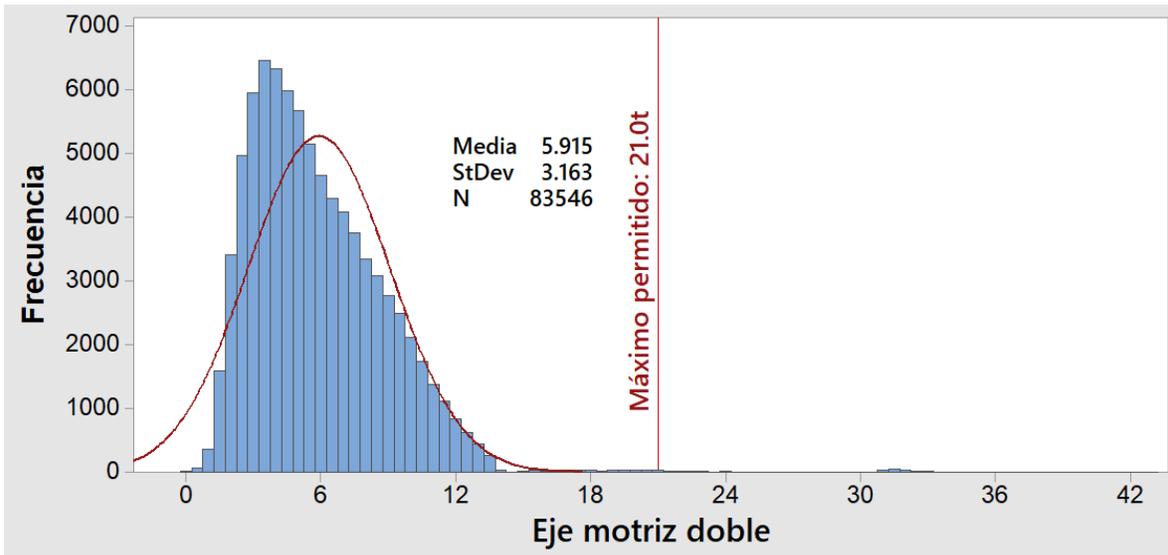
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.26** Distribución de frecuencias del peso en eje 1 para el T3S2



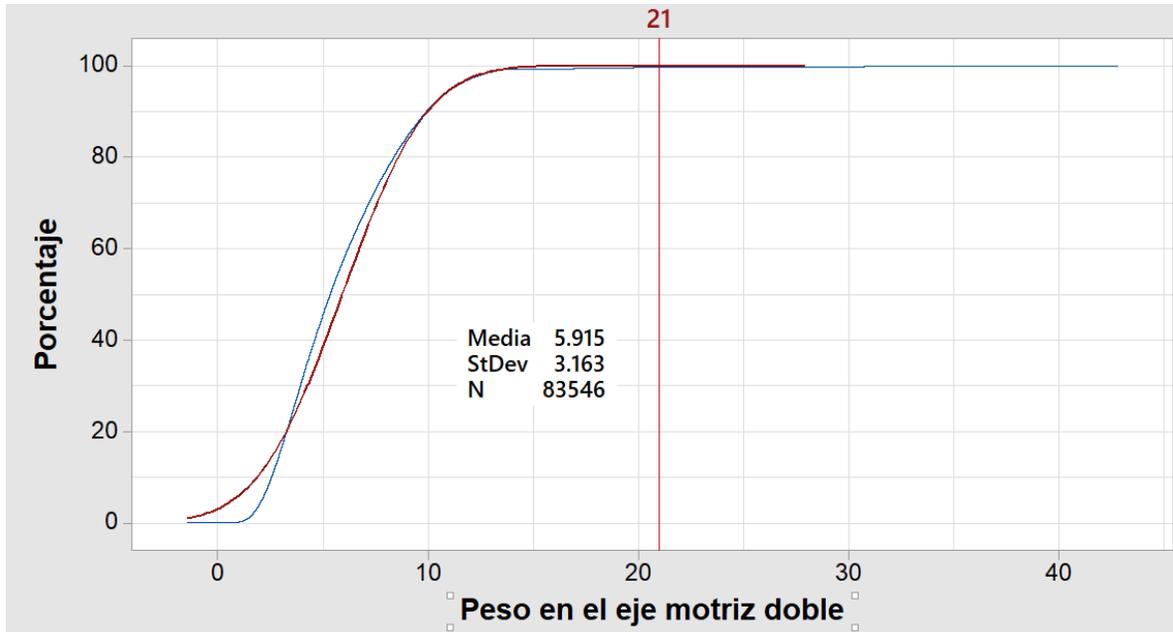
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.27** Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el T3S2



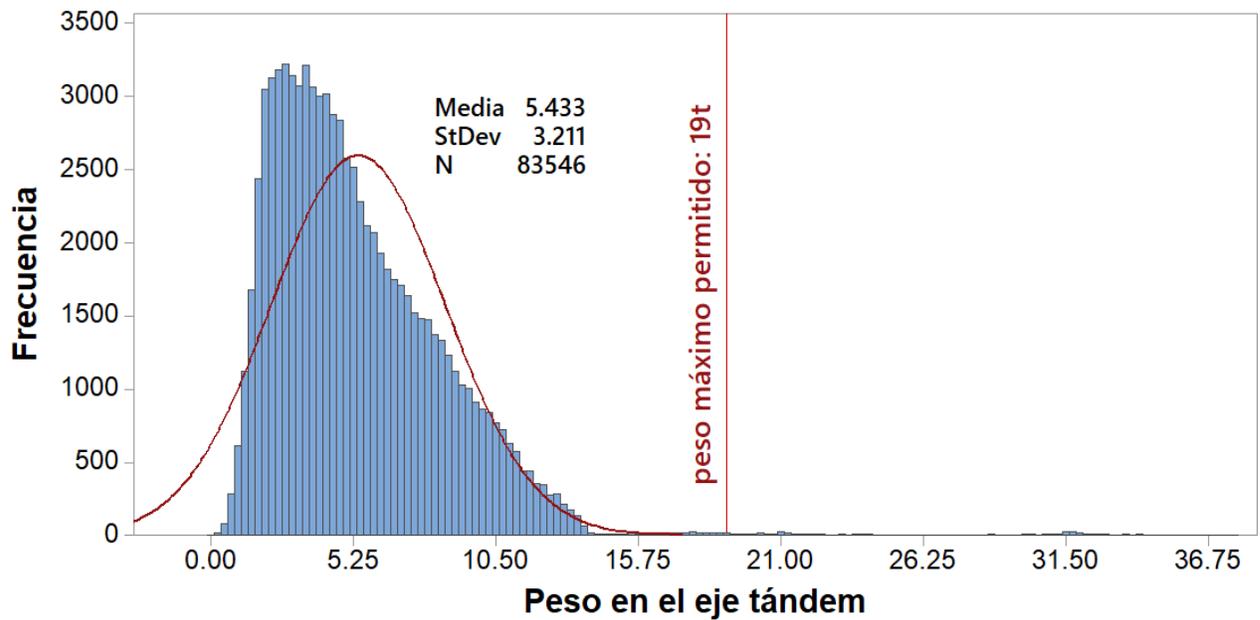
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.28 Distribución de frecuencias del peso en eje motriz para el T3S2**



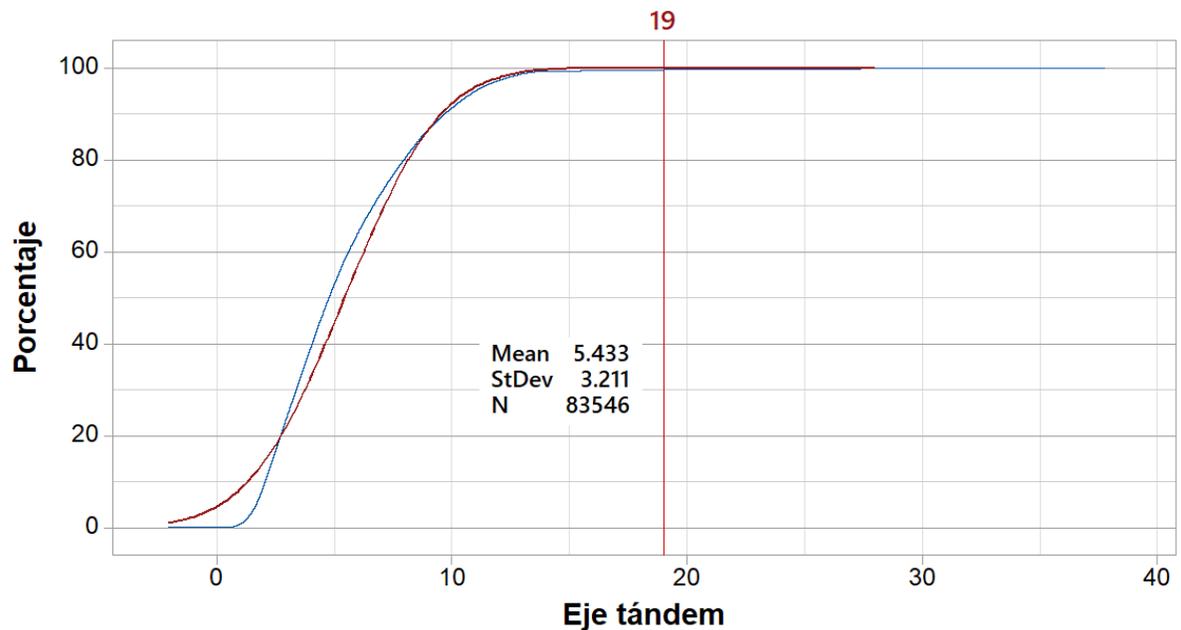
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.29 Frecuencias acumuladas del peso en eje motriz para el T3S2**



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.30 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem para el T3S2**



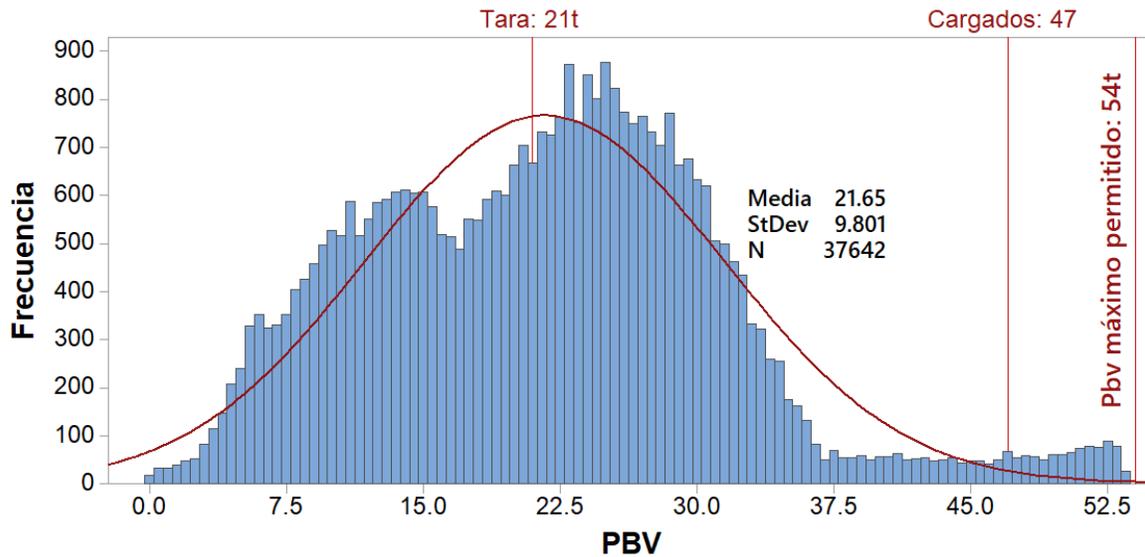
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.31 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem para el T3S2**

## 2.2.6 Tractocamión simplemente articulado T3S3

Se registraron 37 mil 642 tractocamiones T3S3. En la Gráfica 2.32 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, la media y desviación estándar.

De acuerdo con el EECAN, los T3S3 vacíos pesan alrededor de 21 t y cargados 47 t.



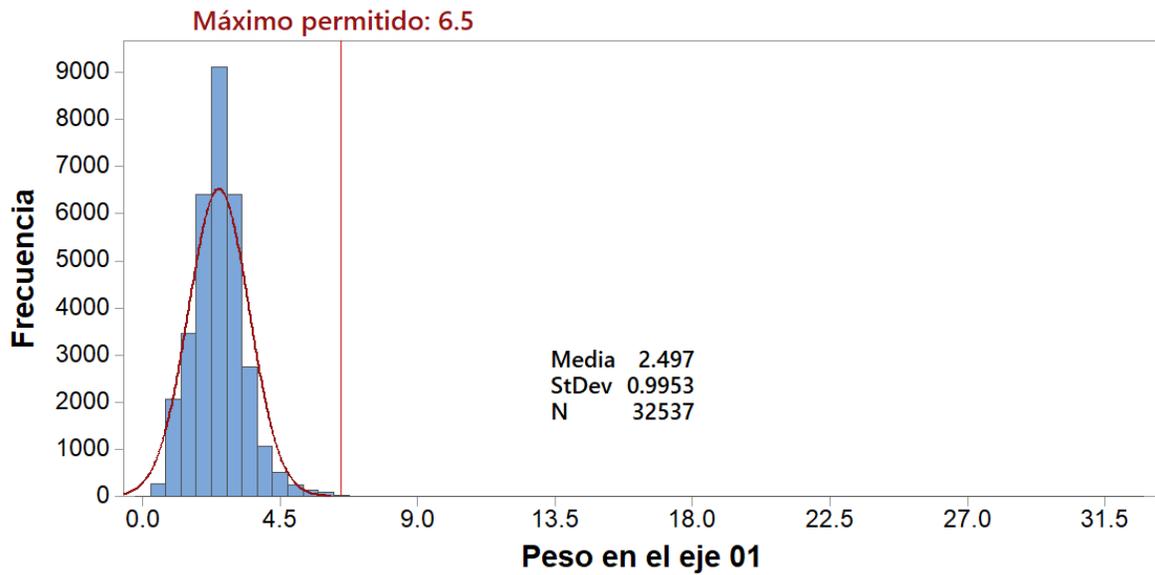
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.32 Histograma de frecuencias del PBV para el T3S3**

Para el 32% se registraron PBV menores a 15 toneladas y para el 0.8% pesos mayores a 54 toneladas.

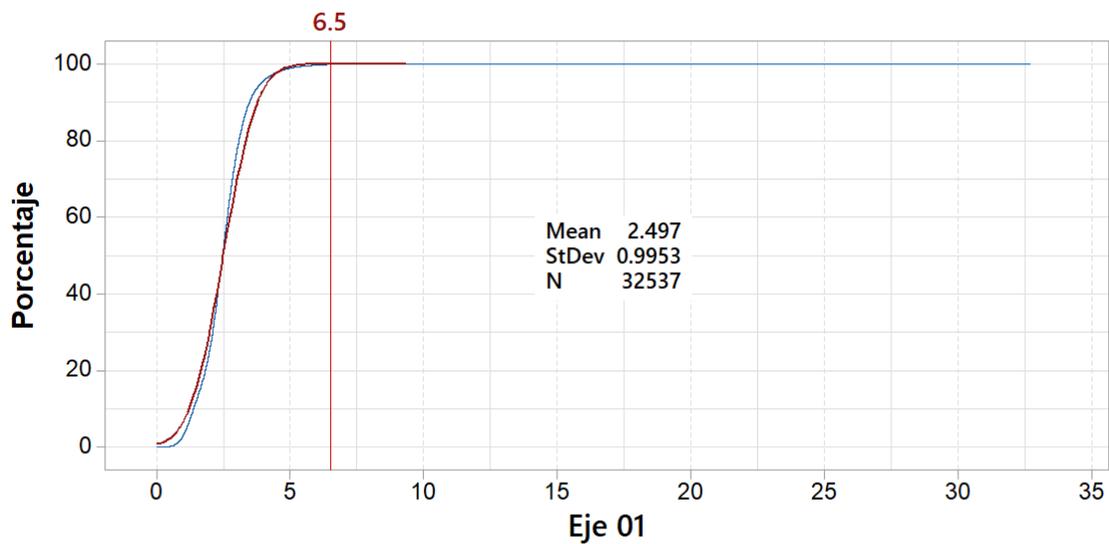
Para 5 mil 105 registros (13.6% del total) la suma del peso en los cinco ejes no fue igual al PBV registrado por el sistema, para todos esos registros la diferencia entre el PBV y la suma del peso en los cinco ejes, en el 63.3% de los casos fue de -100.0 toneladas y en el resto -65.54.

Considerando únicamente los registros sin diferencia, 32 mil 537, en la Gráfica 2.33 se muestra la distribución del peso en el eje 1 y la Gráfica 2.34 su distribución de frecuencias acumuladas. En la Gráfica 2.35 se muestra la distribución del peso en el eje motriz doble del T3 y en la Gráfica 2.36 su distribución de frecuencias acumuladas. En la Gráfica 2.37 se muestra la distribución del eje tridem S3 y la Gráfica 2.38 su distribución de frecuencias acumuladas.



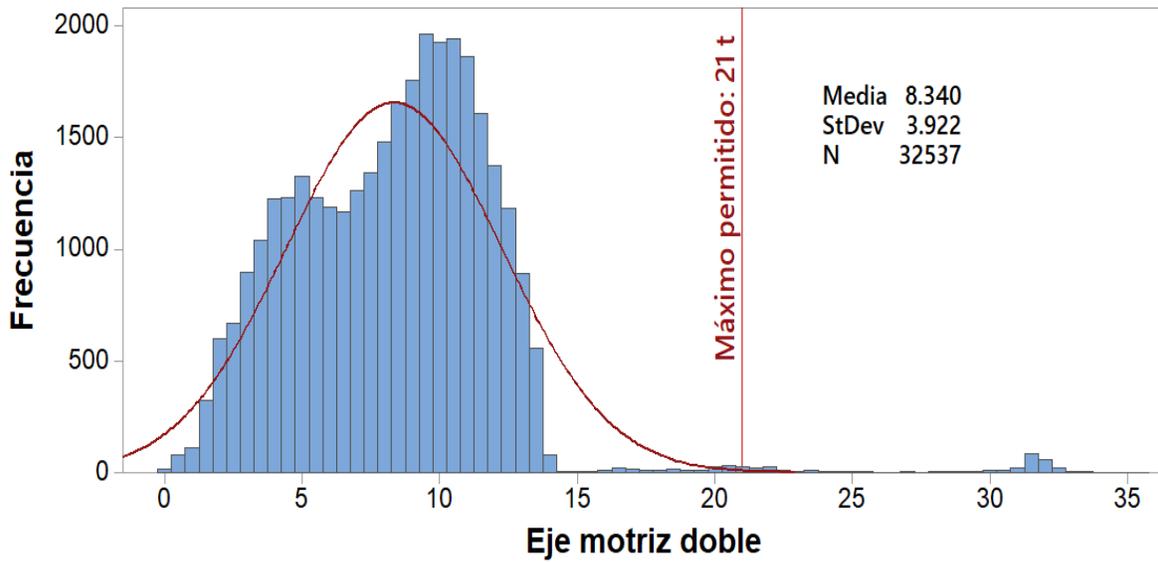
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.33 Distribución de frecuencias del peso en eje 1 para el T3S3**



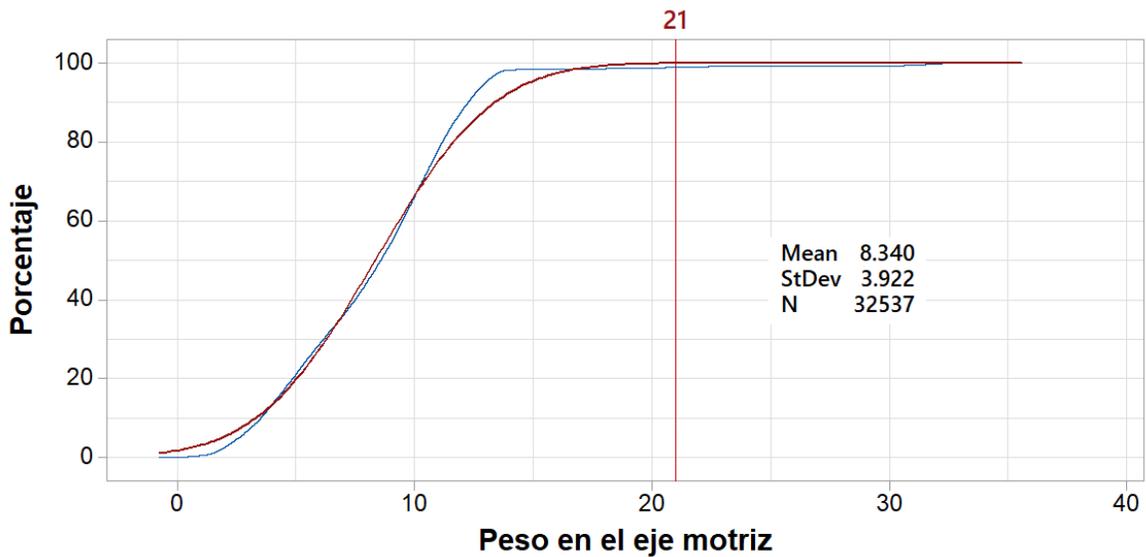
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.34 Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el T3S3**



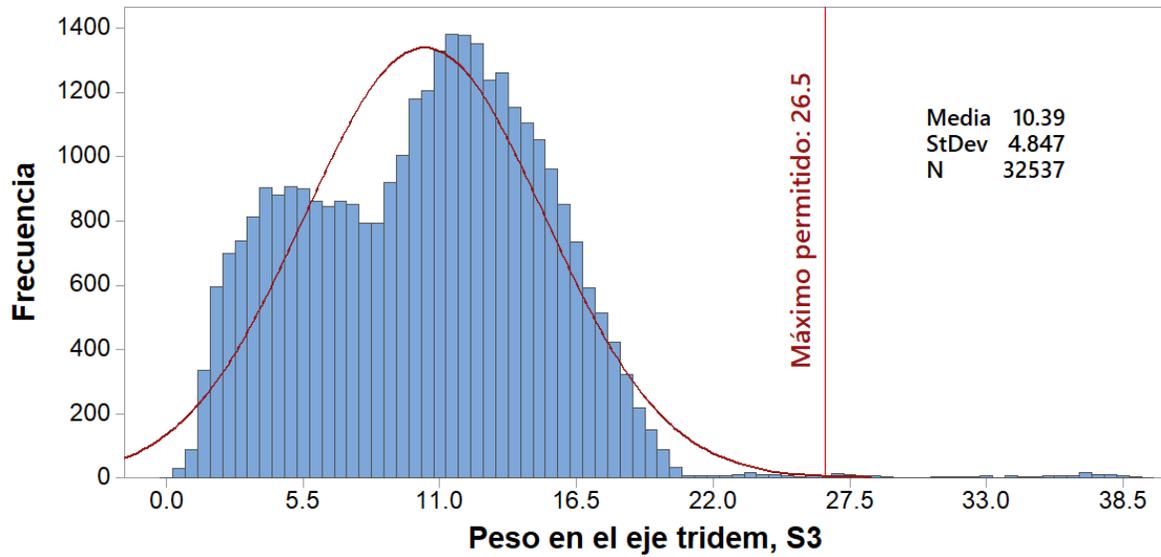
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.35 Distribución de frecuencias del peso en eje motriz del T3S3**



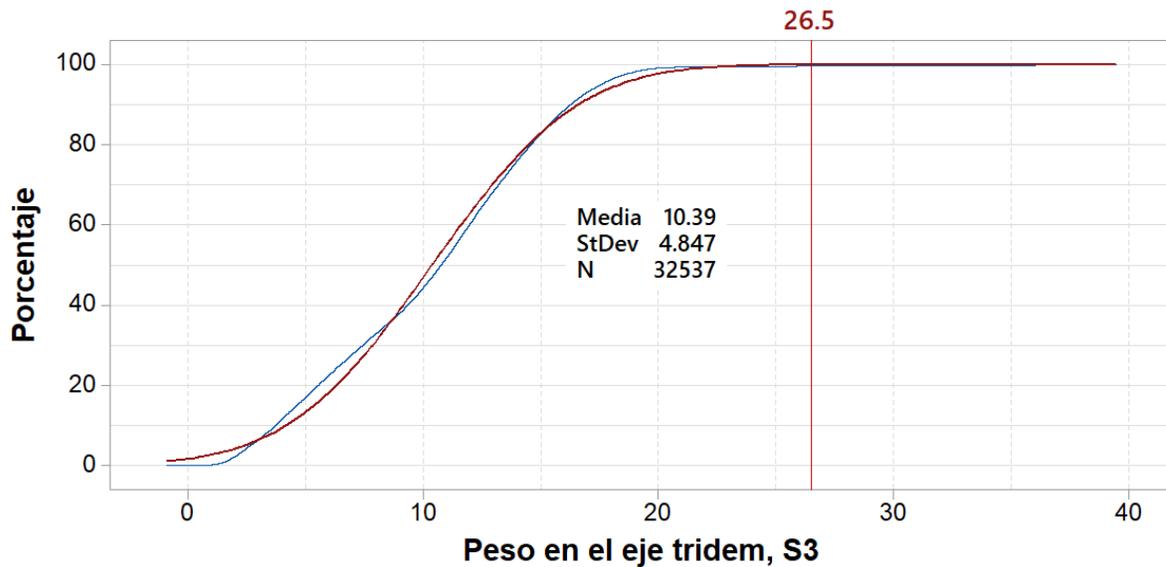
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.36 Frecuencias acumuladas del peso en eje motriz para el T3S3**



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.37 Distribución de frecuencias del peso en eje tridem del T3S3**



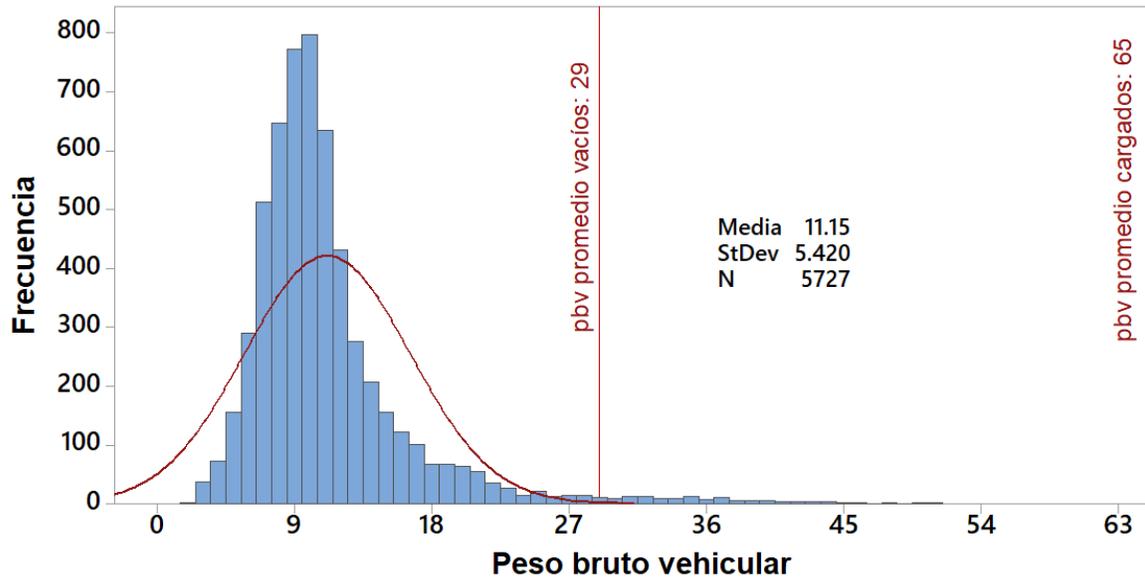
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.38 Frecuencias acumuladas del peso en eje tridem del T3S3**

## 2.2.7 Tractocamión doblemente articulado T3S2R4

Se registraron 5 mil 727 tractocamiones T3S2R4. En la Gráfica 2.39 se muestra el histograma de frecuencias del PBV, la media y desviación estándar.

Estadísticamente, los T3S2R4 vacíos pesan alrededor de 29 t y cargados 65 t.



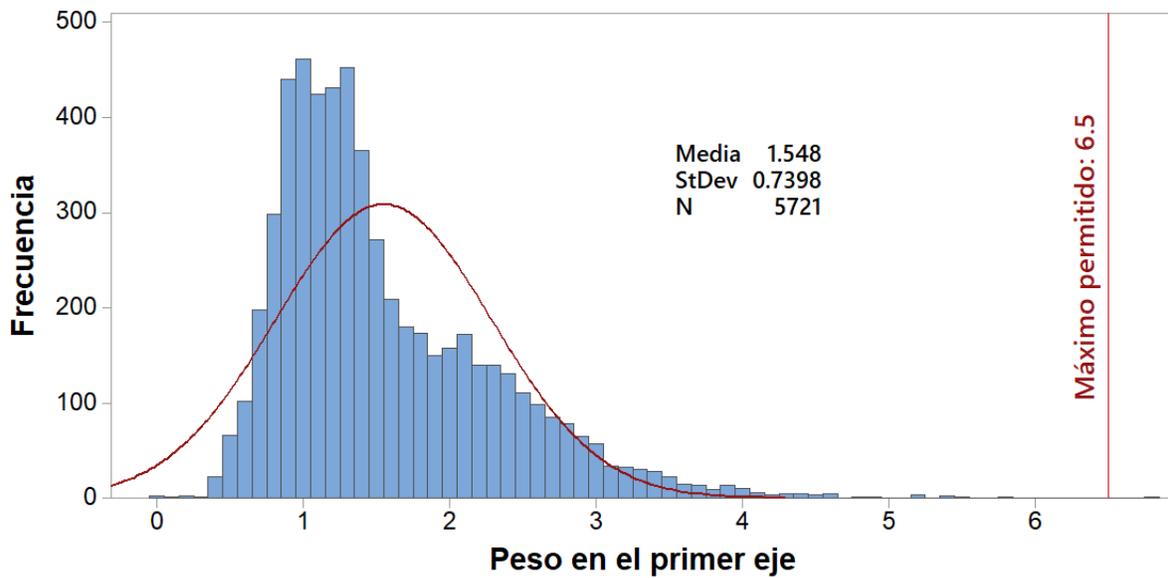
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.39 Histograma de frecuencias del PBV para los T3S2R4**

Para el 94% se registraron PBV menores a 20 toneladas, ningún vehículo superó el máximo permitido de 66.5 toneladas.

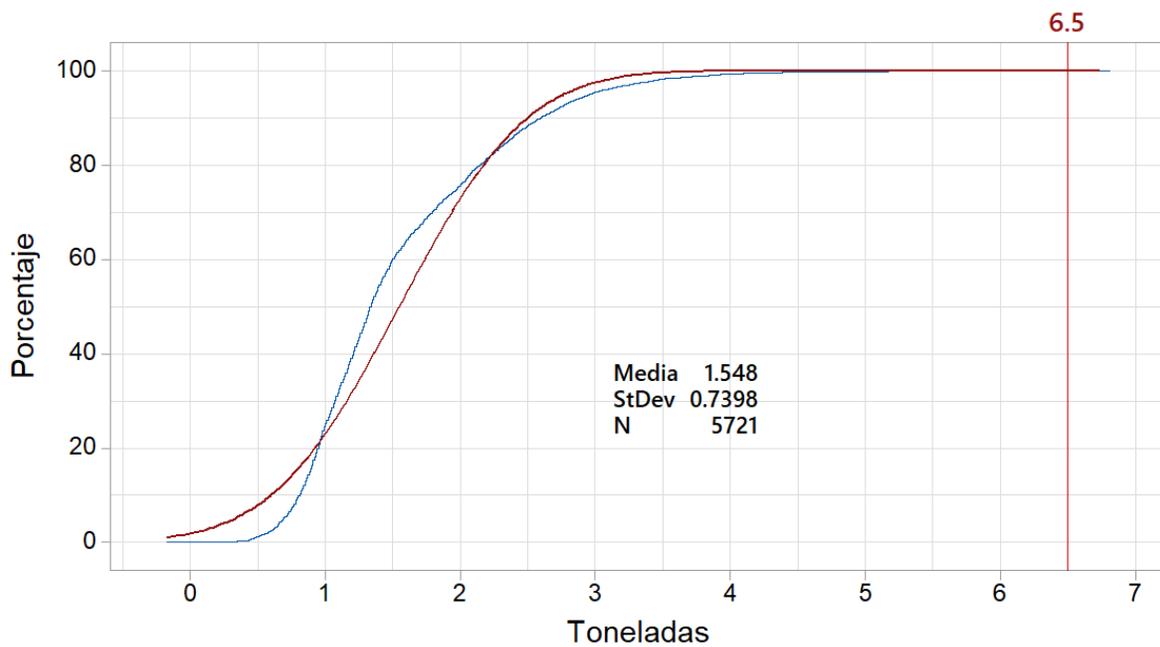
En 6 registros la suma del peso en los nueve ejes no fue igual al PBV registrado por el sistema, para esos registros la diferencia entre el PBV y la suma del peso en los cinco ejes fue de  $-65.54$ .

Considerando únicamente los registros sin diferencia, 5 mil 721, en la Gráfica 2.40 se muestra la distribución del peso en el eje 1 del T3 y la Gráfica 2.41 su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.42 la distribución del eje motriz del T3 y la Gráfica 2.43 su distribución de frecuencias acumuladas. En la Gráfica 2.44 la distribución del eje tándem del semirremolque S2 y la Gráfica 2.45 su distribución de frecuencias acumuladas. La Gráfica 2.46 contiene la distribución del primer eje tándem del remolque R4 y la Gráfica 2.47 su distribución de frecuencias acumuladas. Por su parte, la Gráfica 2.48 muestra la distribución del segundo eje tándem del remolque R4 y la Gráfica 2.49 su distribución de frecuencias.



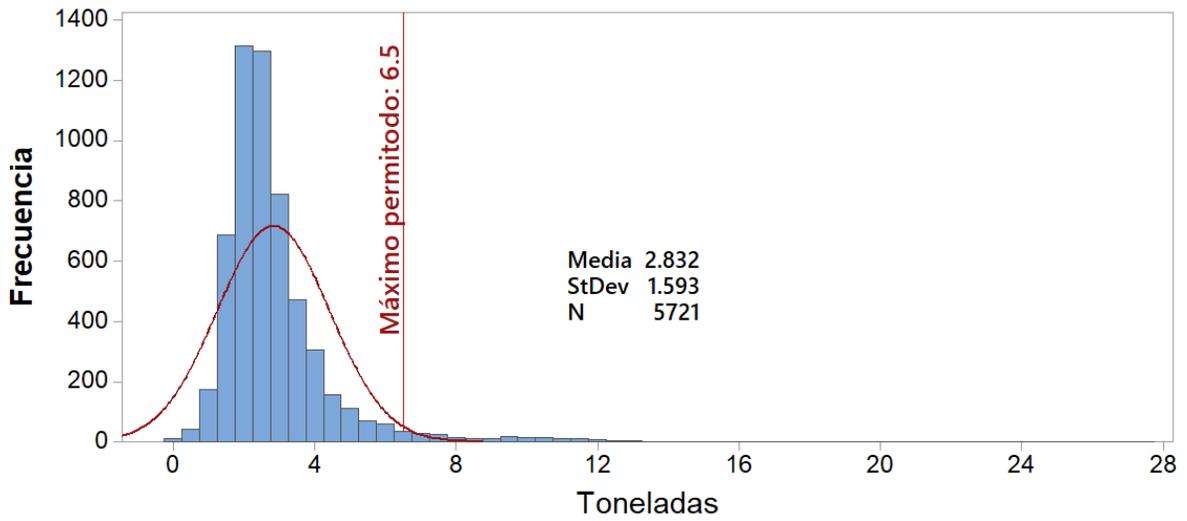
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.40** Distribución de frecuencias del peso en eje 1 para los T3S2R4



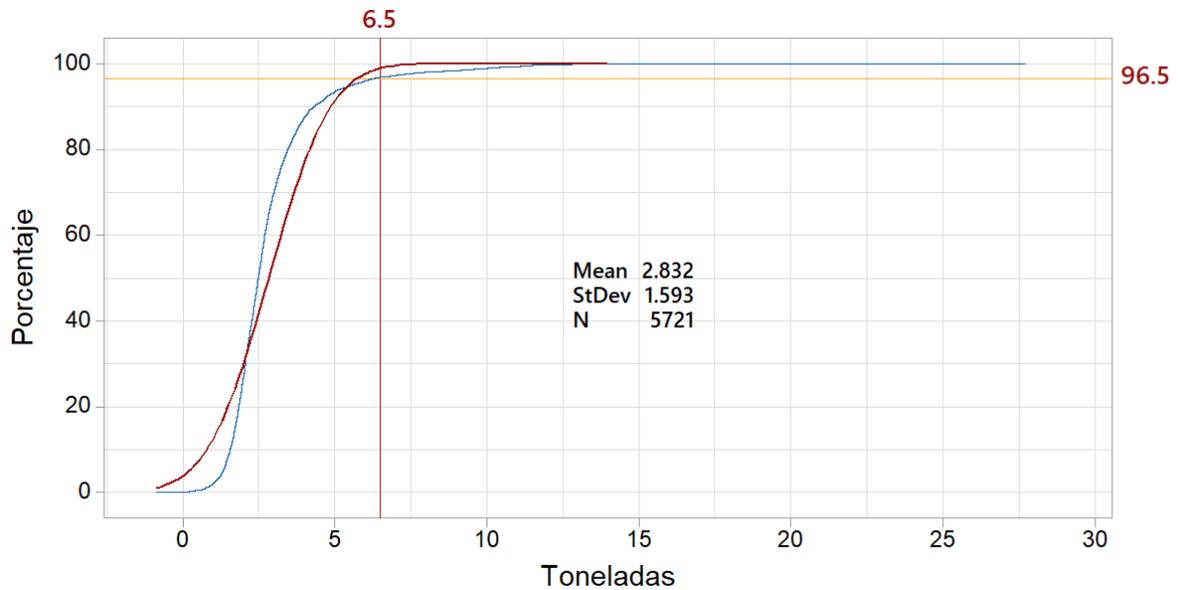
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.41** Frecuencias acumuladas del peso en eje 1 para el T3S2R4



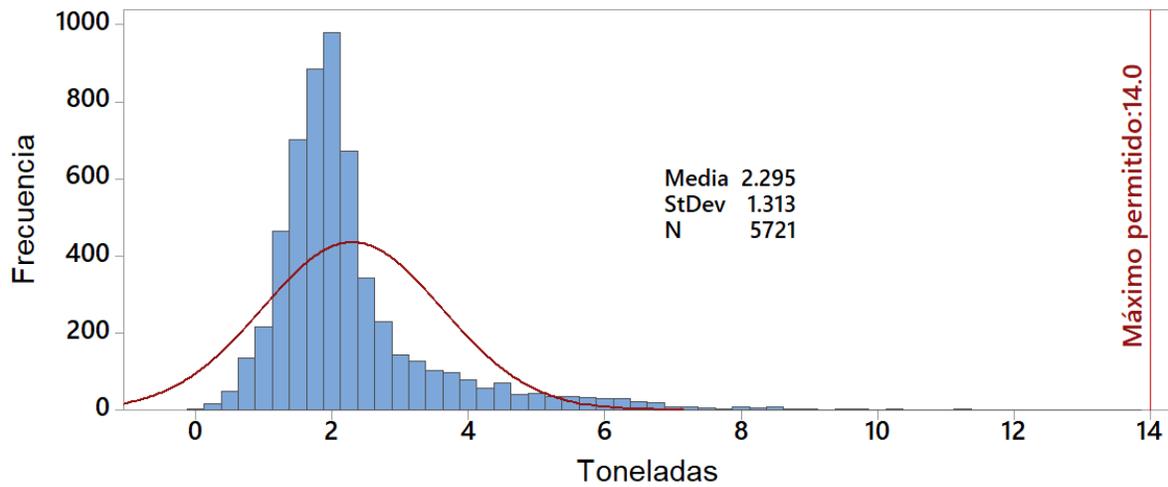
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.42 Distribución de frecuencias del peso en eje motriz para el T3S2R4**



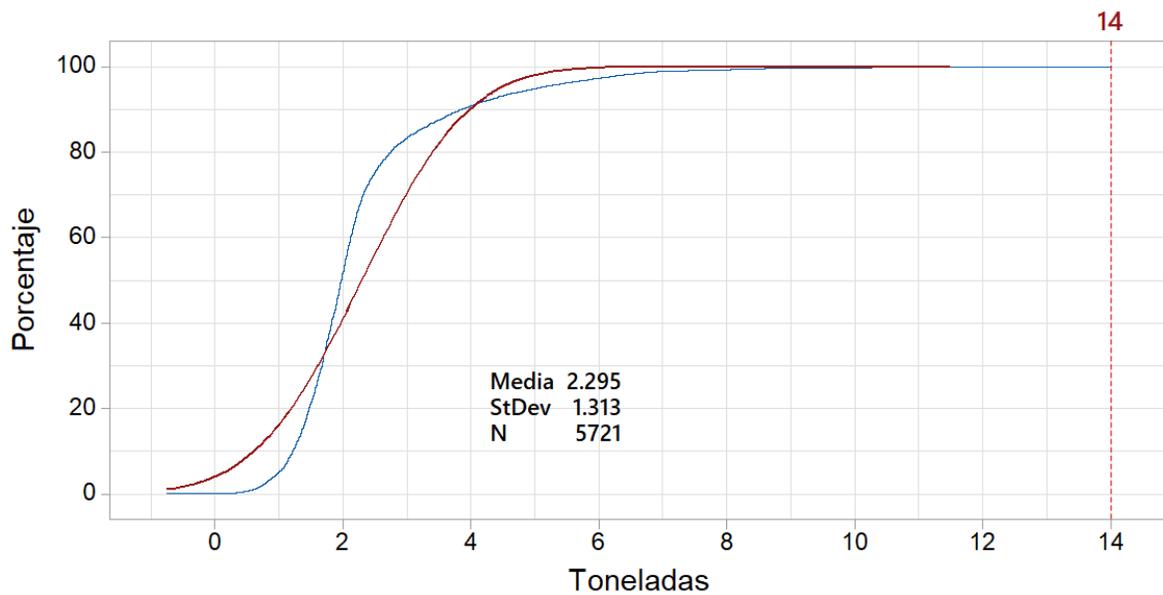
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.43 Frecuencias acumuladas del peso en eje motriz para el T3S2R4**



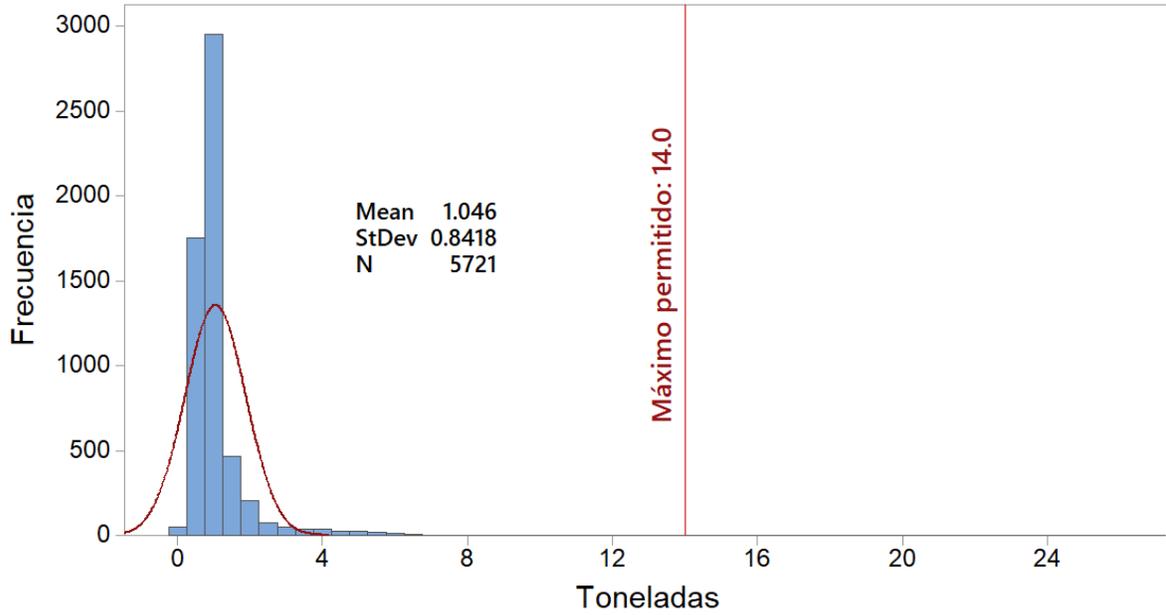
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.44 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem 01 del T3S2R4**



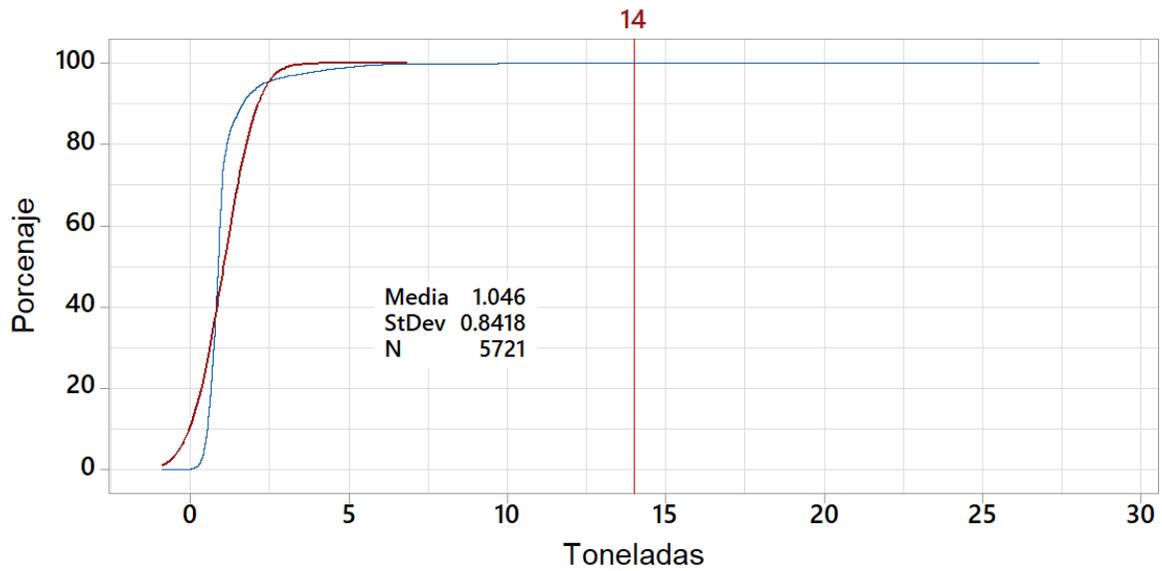
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.45 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem 01 del T3S2R4**



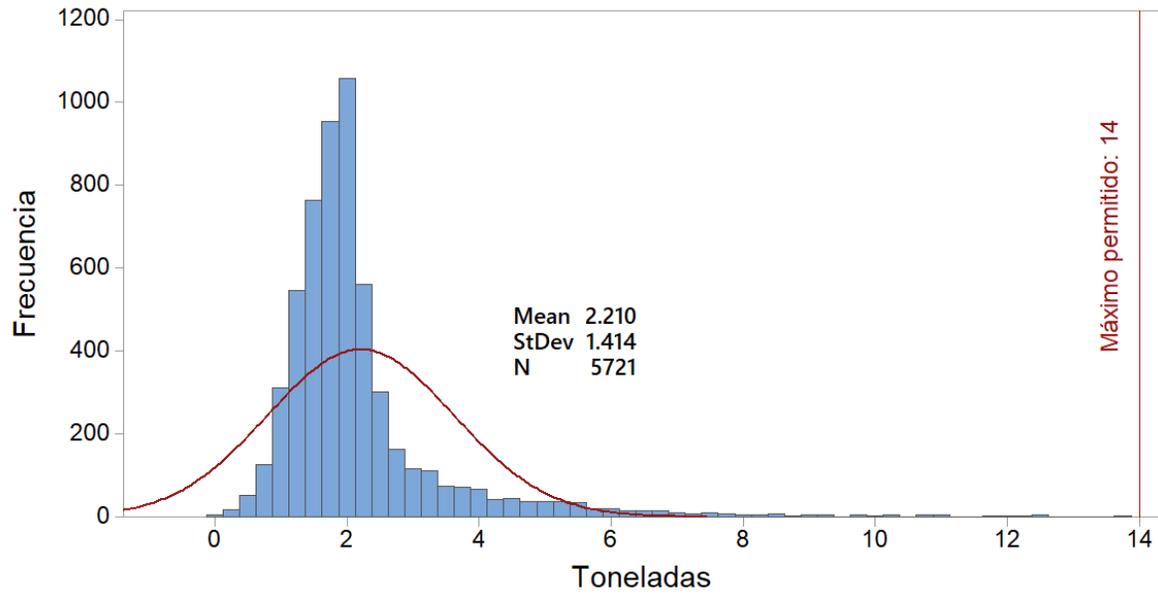
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.46 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem 02 del T3S2R4**



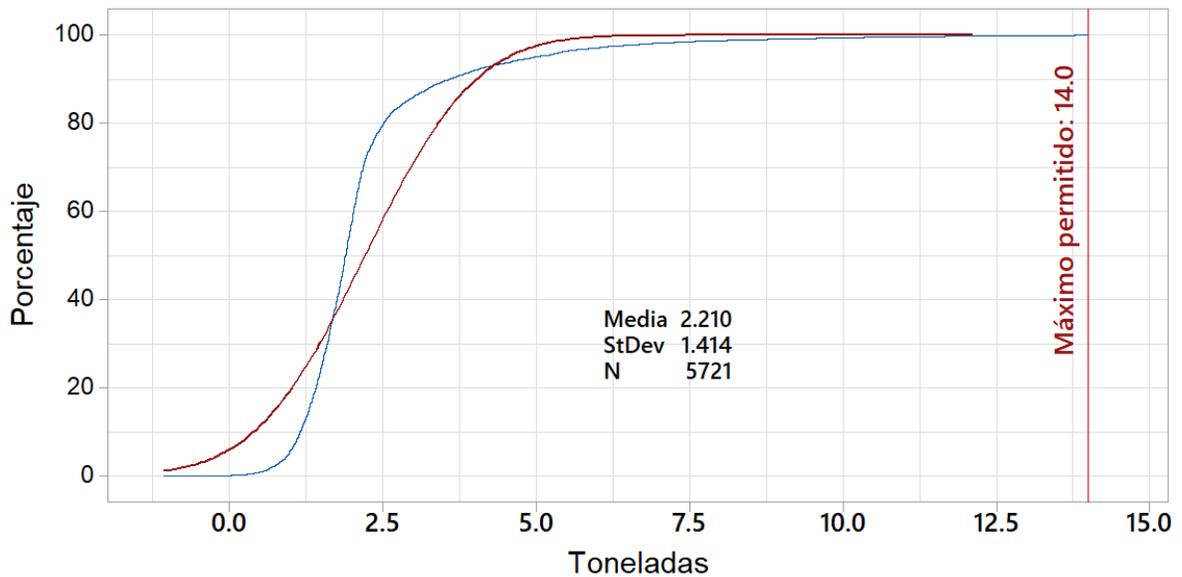
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.47 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem 02 del T3S2R4**



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.48 Distribución de frecuencias del peso en eje tándem 03 del T3S2R4**



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.49 Frecuencias acumuladas del peso en eje tándem 03 del T3S2R4**

## 2.3 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.

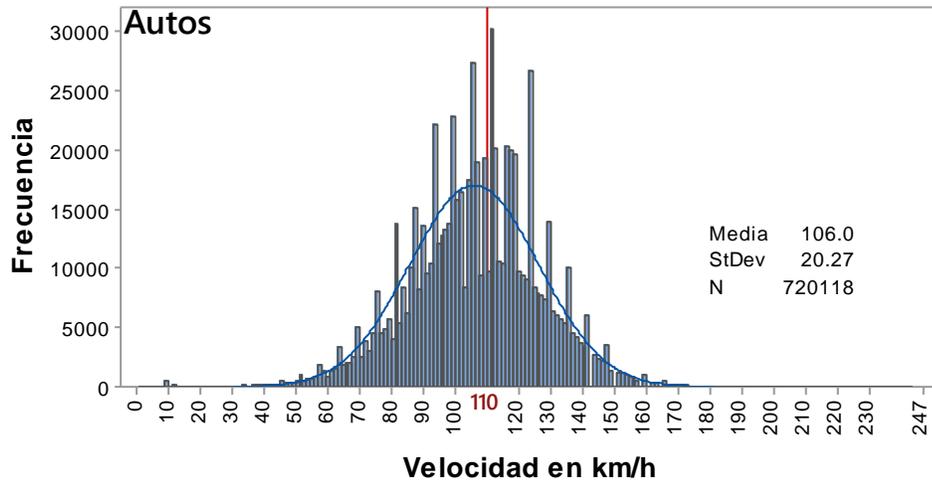
La velocidad de punto de un vehículo cualquiera se define como la velocidad al momento de pasar por un determinado punto o sección transversal de una vía, en este caso el punto donde se encuentra la estación, y permite caracterizar este parámetro para un lugar específico, bajo condiciones prevalecientes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

### 2.3.1 Autos

La velocidad establecida para autos, es de 110 km/h. En la Gráfica 2.50 se muestra la distribución de las velocidades registradas. La media obtenida fue de 106 km/h. En la Gráfica 2.51 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 127 km/h, el 42.1% excede la velocidad reglamentada.

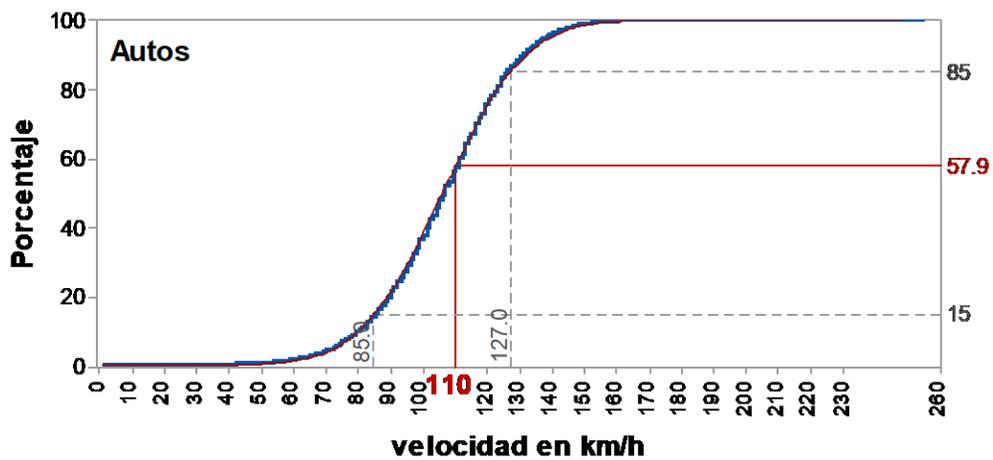
### 2.3.2 Autobuses B2

Para estos autobuses la velocidad establecida es de 95 km/h. En la Gráfica 2.52 se muestra la distribución de las velocidades registradas. La media obtenida fue de 86 km/h. En la Gráfica 2.53 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) es 100 km/h, el 24.5% excedió la velocidad reglamentada.



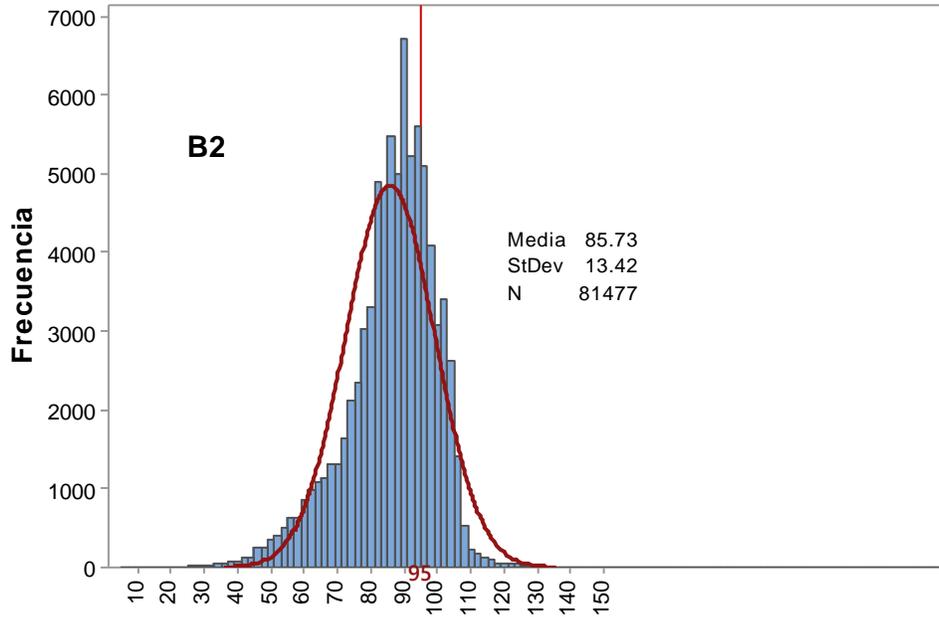
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.50 Distribución de velocidades para autos**



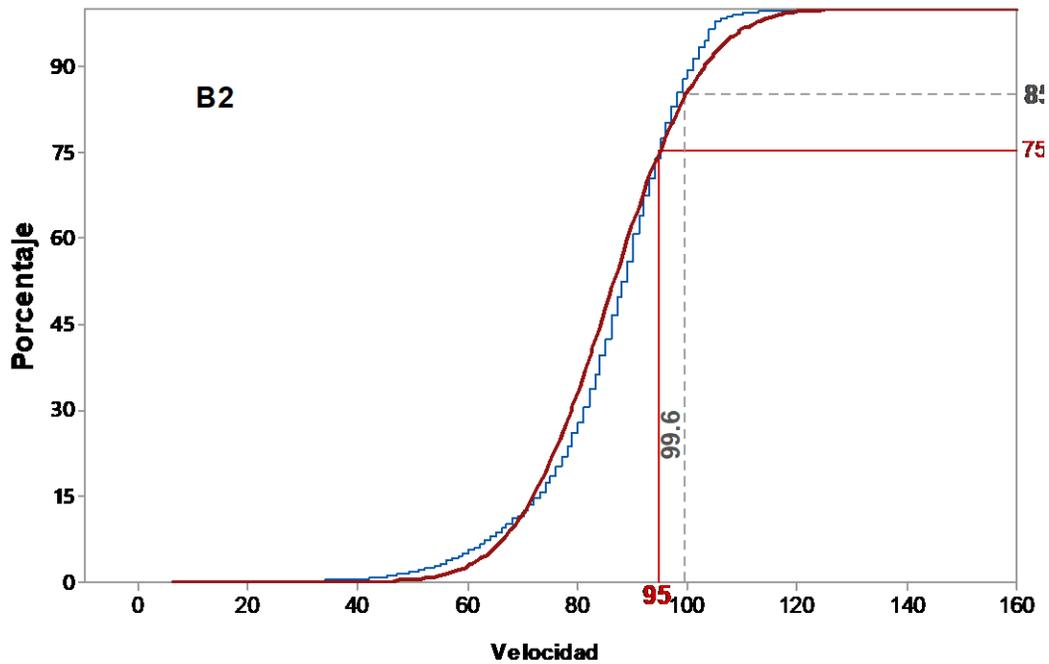
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.51 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autos**



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.52 Distribución de velocidades de los autobuses B2**



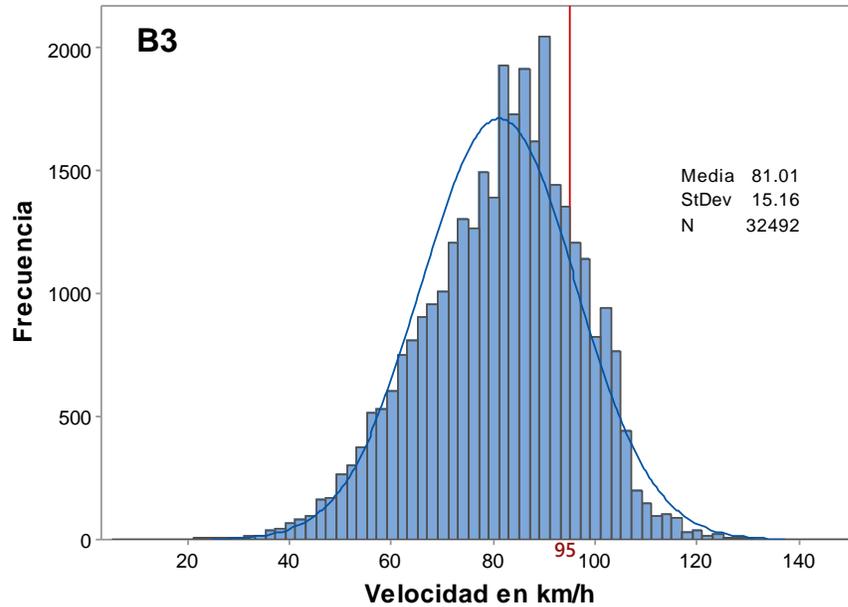
Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.53 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autobuses B2**

### 2.3.3 Autobuses B3

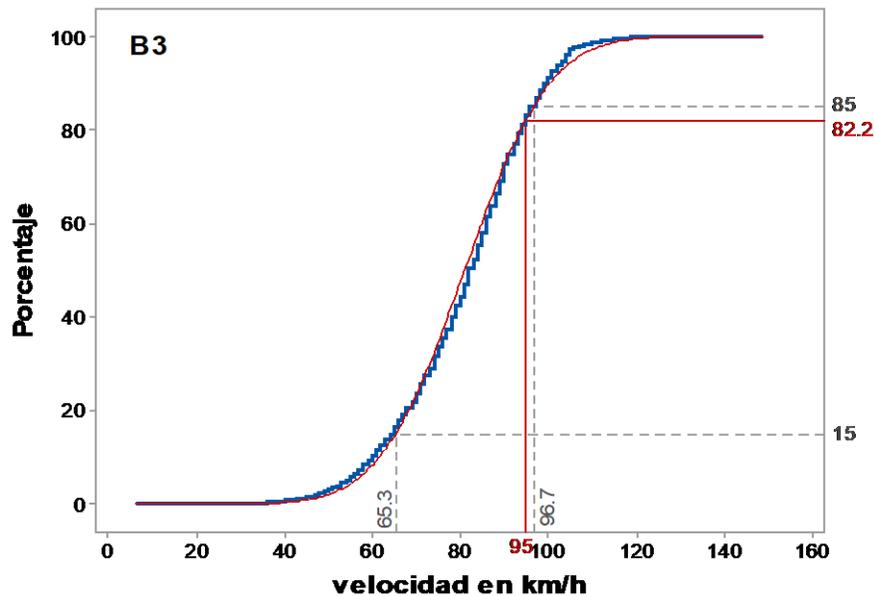
Los autobuses B3 también están limitados a circular a no más de 95 km/h. En la

Gráfica 2.54 se muestra la distribución de las velocidades registradas. La media obtenida fue de 81 km/h. En la Gráfica 2.55 se presenta la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 97 km/h, el 17.8% excedió la velocidad reglamentada.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.54 Distribución de velocidades de los autobuses B3

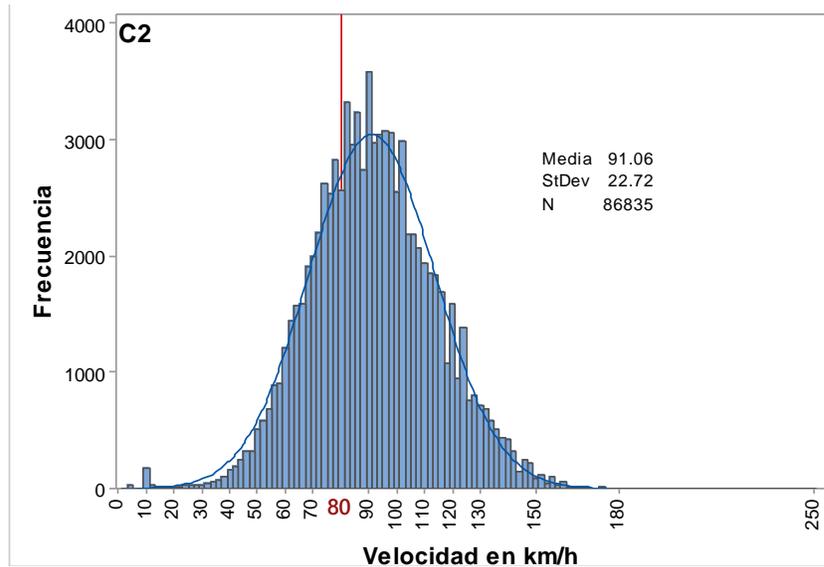


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.55 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los autobuses B3

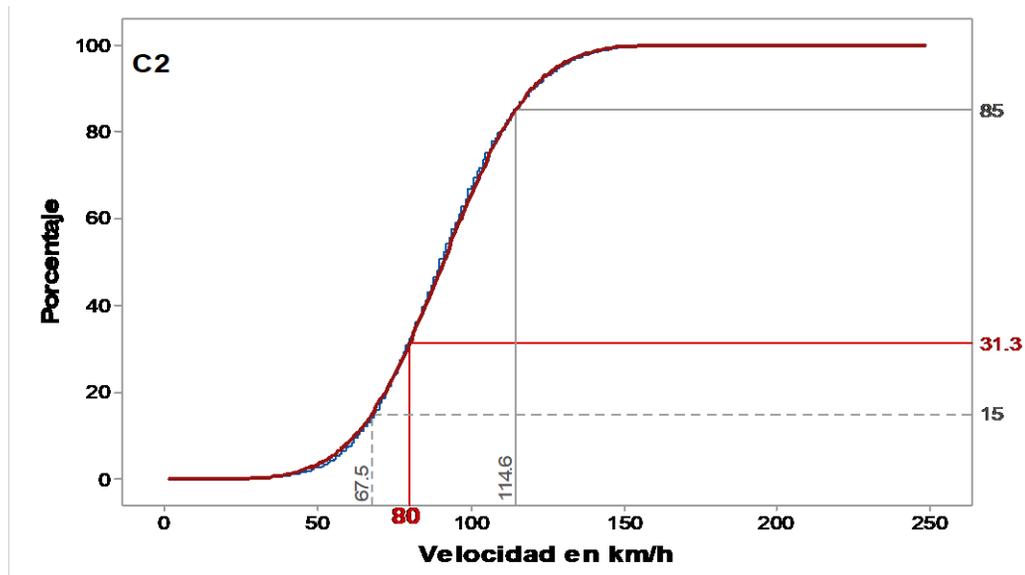
### 2.3.4 Camiones C2

Los vehículos de carga están limitados a circular a no más de 80 km/h. En la Gráfica 2.56 se muestra la distribución de las velocidades registradas para los C2. La media obtenida fue de 91 km/h. En la Gráfica 2.57 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 115 km/h, el 69% excedió la velocidad reglamentada.



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.56 Distribución de velocidades de los camiones C2**

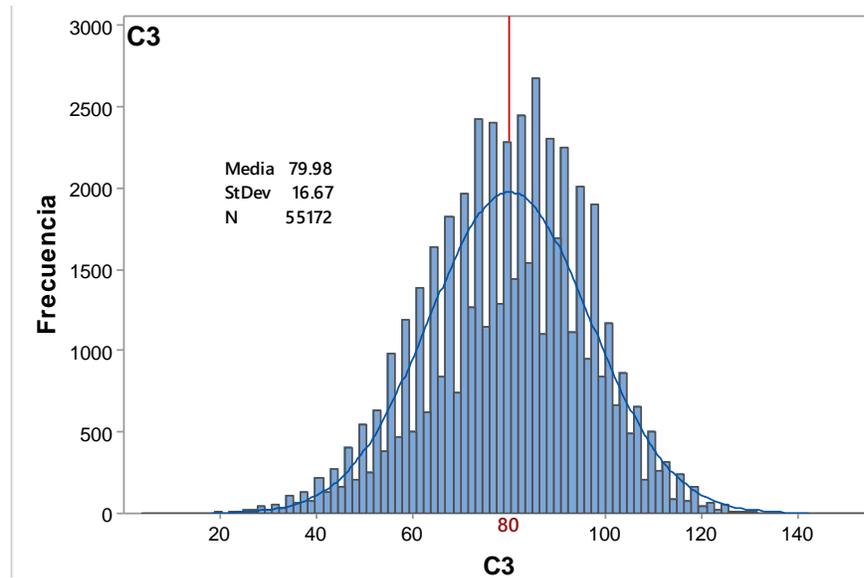


Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.57 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los C2**

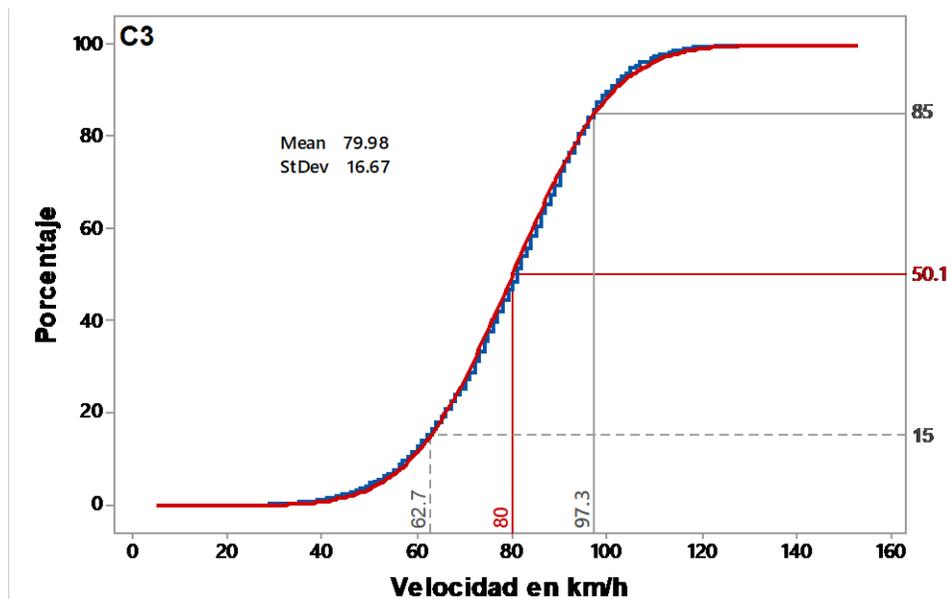
### 2.3.5 Camiones C3

En la Gráfica 2.58 se muestra la distribución de las velocidades registradas para los C3. La media obtenida fue de 80 km/h. En la Gráfica 2.59 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 97 km/h, el 50% excedió la velocidad reglamentada.



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.58 Distribución de velocidades de los camiones C3

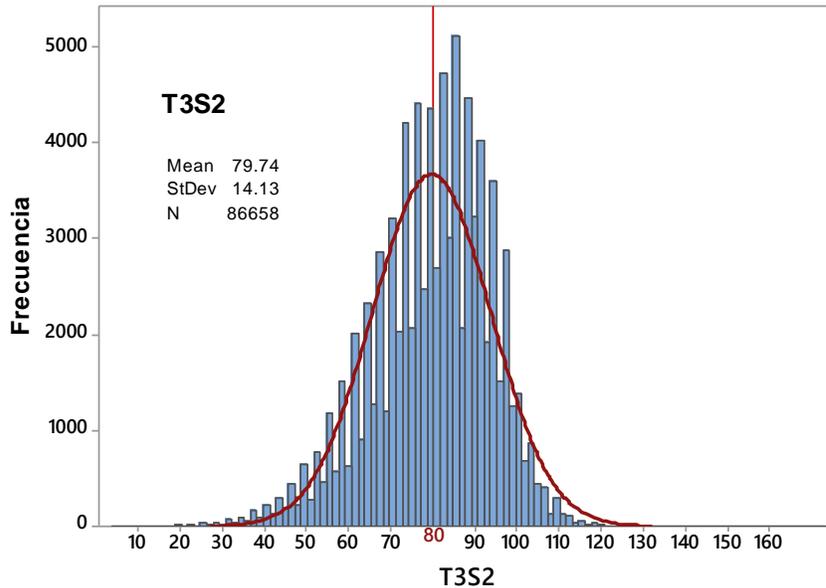


Fuente: elaboración propia

Gráfica 2.59 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los C3

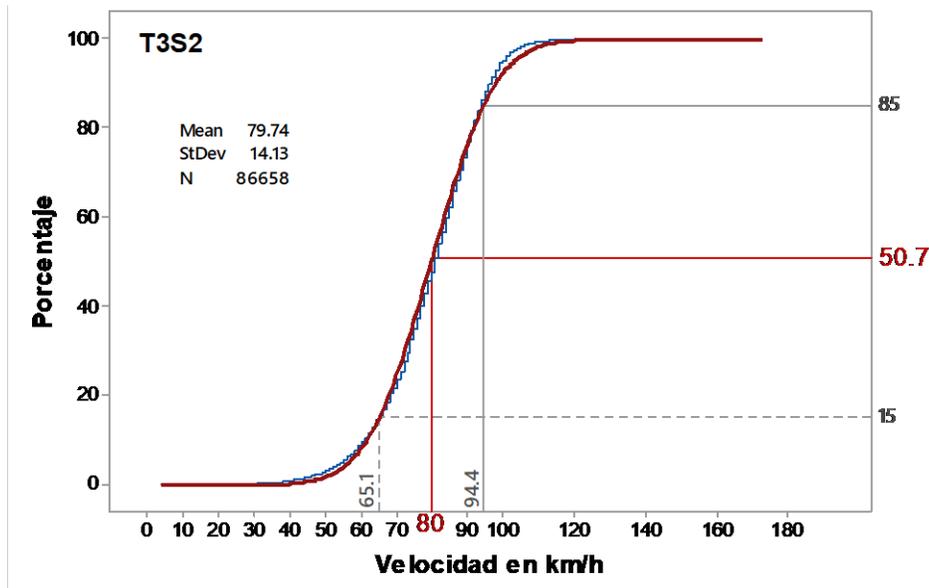
### 2.3.6 Tractocamiones T3S2

En la Gráfica 2.60 se muestra la distribución de las velocidades registradas T3S2. La media obtenida fue de 80 km/h. En la Gráfica 2.61 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 94 km/h, el 49% excedió la velocidad reglamentada.



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.60 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S2**

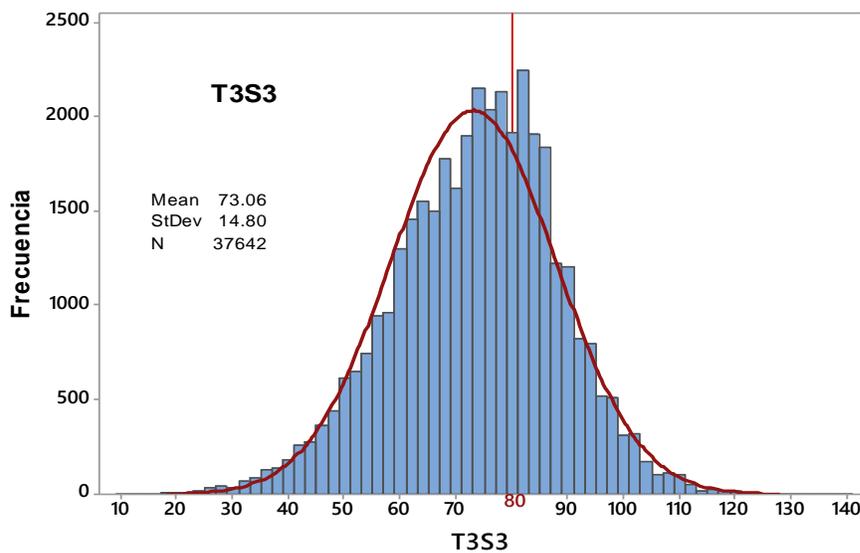


Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.61 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S2**

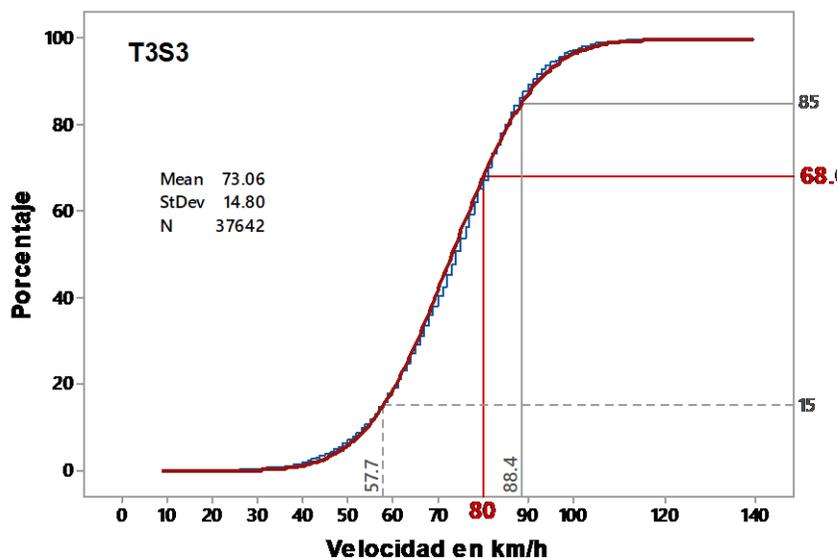
### 2.3.7 Tractocamiones T3S3

En la Gráfica 2.62 se muestra la distribución de las velocidades registradas para los T3S3. La media obtenida fue de 73 km/h. En la Gráfica 2.63 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación fue 88 km/h, el 32% excedió la velocidad reglamentada.



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.62 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S3**

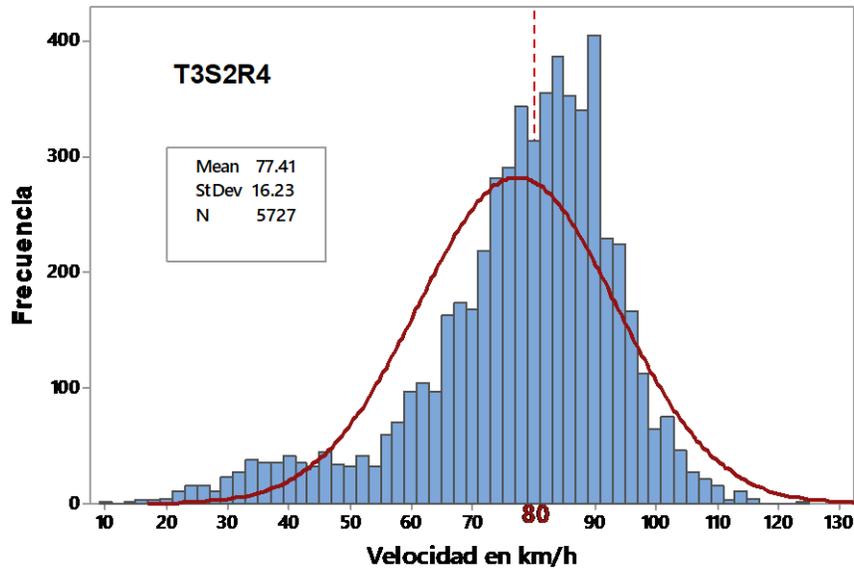


Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.63 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S3**

### 2.3.8 Tractocamiones T3S2R4

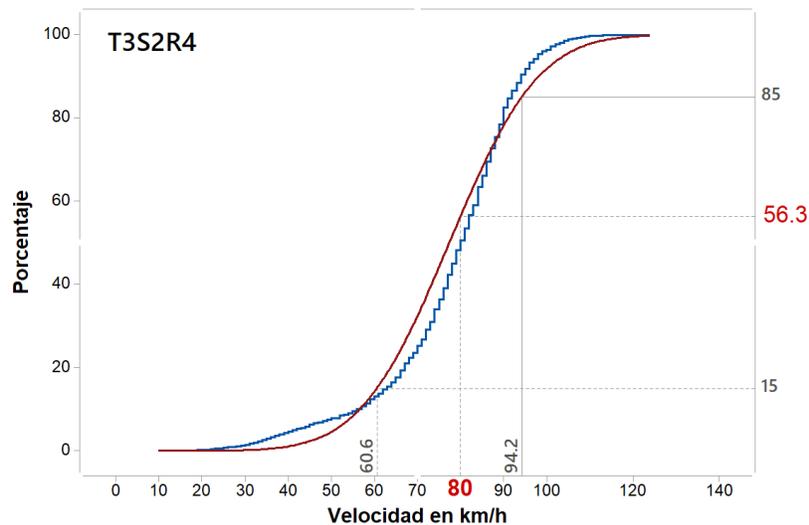
En la Gráfica 2.64 se muestra la distribución de las velocidades registradas. La media obtenida fue de 77 km/h



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.64 Distribución de velocidades de los tractocamiones T3S2R4**

En la Gráfica 2.65 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. La velocidad de operación (85 percentil) fue 94 km/h, el 43.7% excedió la velocidad reglamentada.



Fuente: elaboración propia

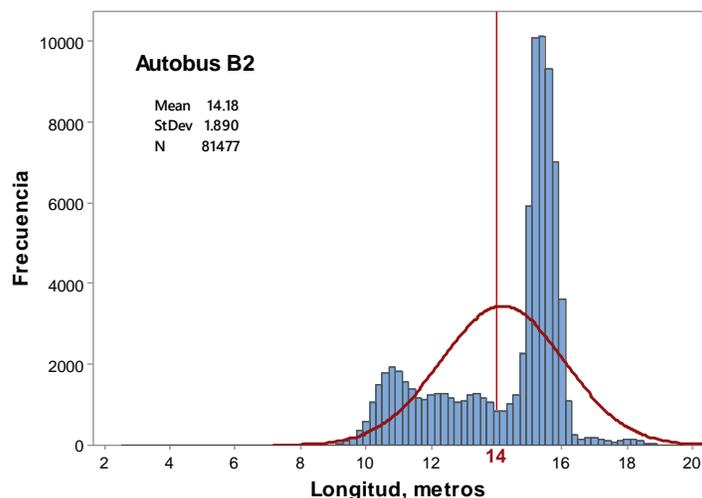
**Gráfica 2.65 Frecuencias acumuladas de la velocidad de los T3S2R4**

## 2.4 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.

### 2.4.1 Autobuses B2

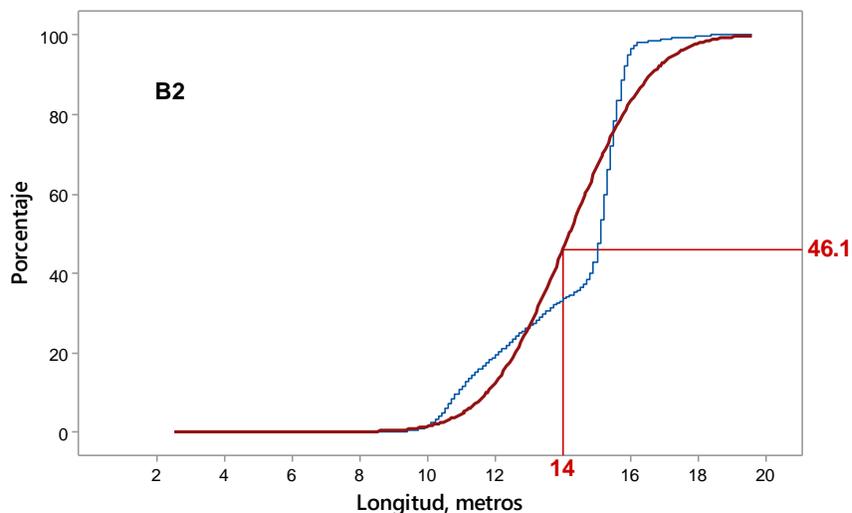
La longitud de los autobuses está restringida a 14 m de largo. En la Gráfica 2.66 se muestra la distribución registrada para los B2. La media obtenida fue de 14 m.



Fuente: elaboración propia

### Gráfica 2.66 Distribución de frecuencias de la longitud de los autobuses B2

En la Gráfica 2.67 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. El 54% excedió la longitud reglamentada.

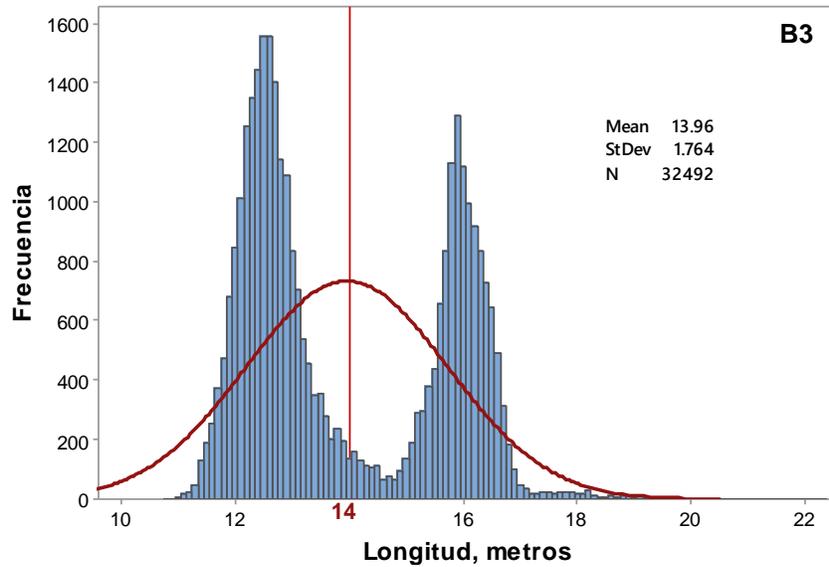


Fuente: elaboración propia

### Gráfica 2.67 Frecuencias acumuladas de la longitud de los autobuses B2

## 2.4.2 Autobuses B3

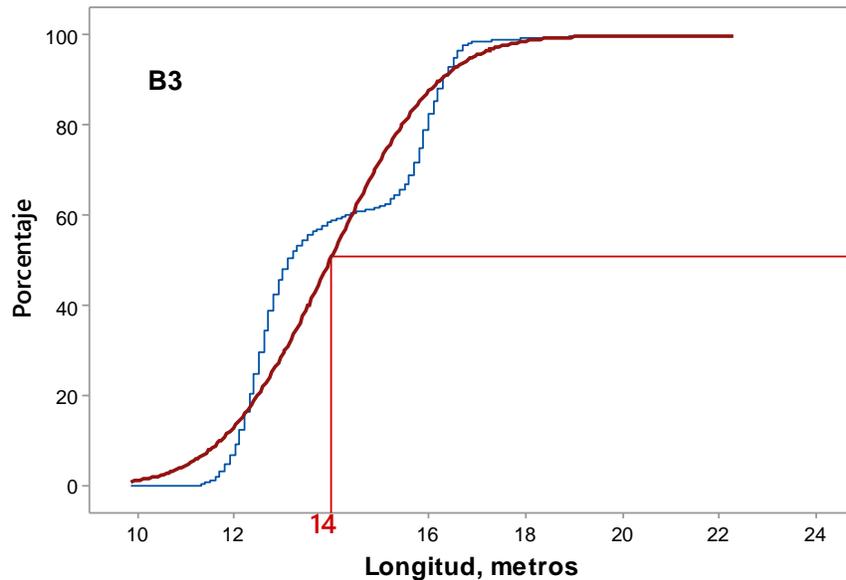
En la Gráfica 2.68 se muestra la distribución de la longitud de los B3. La media obtenida fue de 14 m. Se aprecian dos medias en la distribución.



Fuente: elaboración propia

### Gráfica 2.68 Distribución de frecuencias de la longitud de los autobuses B3

En la Gráfica 2.69 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. El 49% excedió la longitud reglamentada.

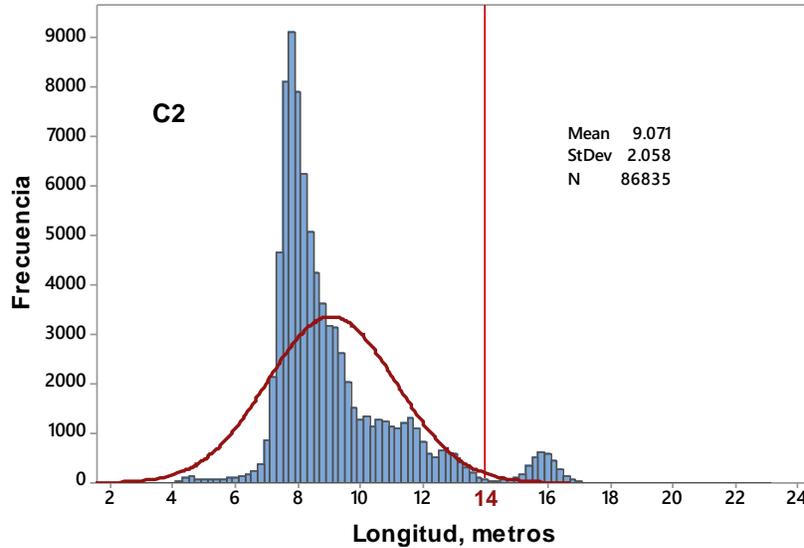


Fuente: elaboración propia

### Gráfica 2.69 Frecuencias acumuladas de la longitud de los autobuses B3

### 2.4.3 Camiones C2

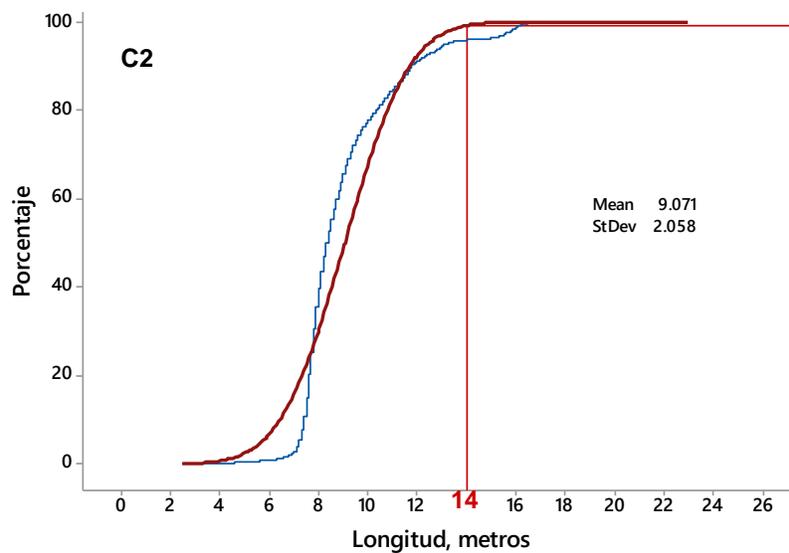
La longitud de los camiones unitarios C2 está restringida a 14 m de largo. En la Gráfica 2.70 se muestra la distribución registrada para los C2. La media obtenida fue de 9 m.



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.70 Distribución de frecuencias de la longitud de los camiones C2**

En la Gráfica 2.71 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. Únicamente el 0.8% excedió la longitud reglamentada.

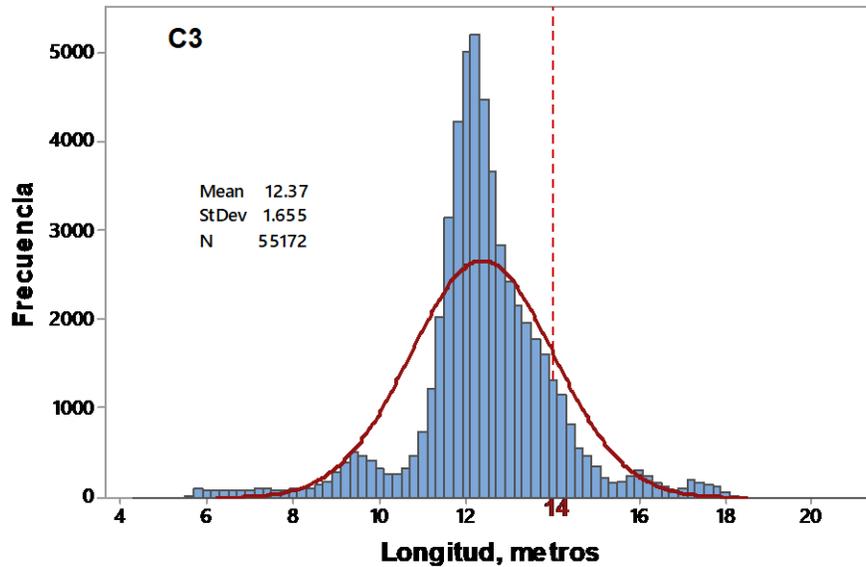


Fuente: elaboración propia

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

### 2.4.4 Camiones C3

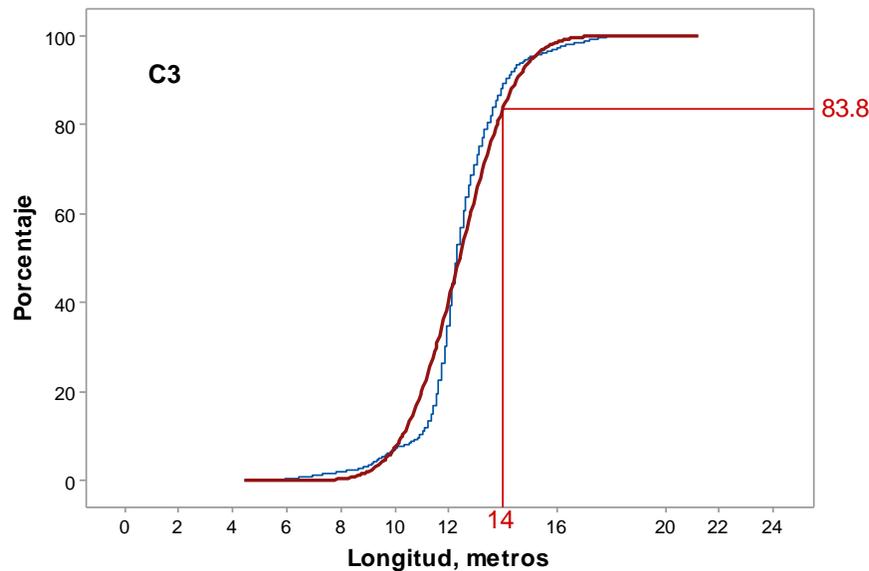
La longitud de los camiones unitarios C3 también está restringida a 14 m de largo. En la Gráfica 2.72 se muestra su distribución. La media obtenida fue de 12.4 m.



Fuente: elaboración propia

#### Gráfica 2.72 Frecuencias acumuladas de la longitud de los camiones C3

En la Gráfica 2.73 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. El 16% excedió la longitud reglamentada.

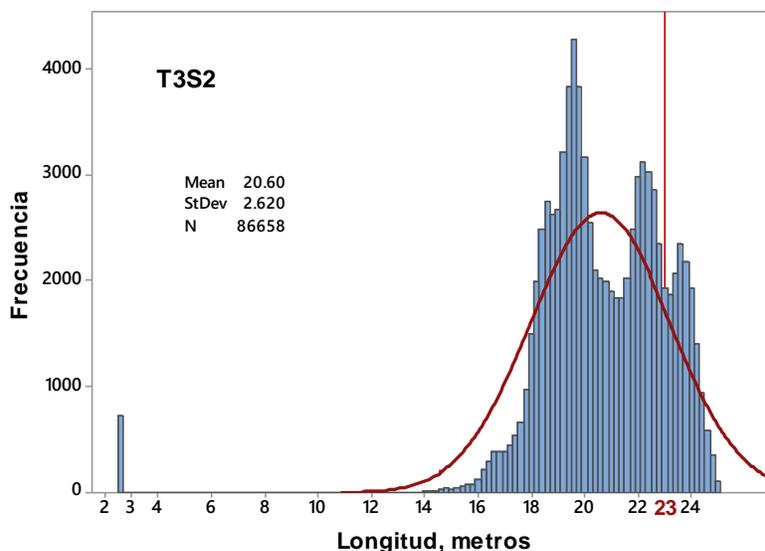


Fuente: elaboración propia

#### Gráfica 2.73 Frecuencias acumuladas de la longitud de los camiones C3

## 2.4.5 Tractocamiones T3S2

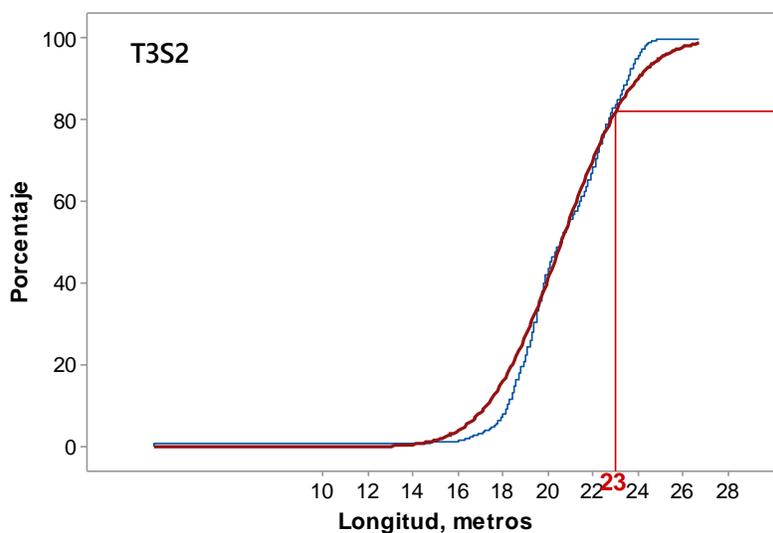
La longitud de los tractocamiones simplemente articulados T3S2 está restringida a 23 m de largo. En la Gráfica 2.74 se muestra la distribución registrada. La media obtenida fue de 21 m.



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.74** Distribución de frecuencias de la longitud de los T3S2

En la Gráfica 2.75 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. El 18% excedió la longitud reglamentada

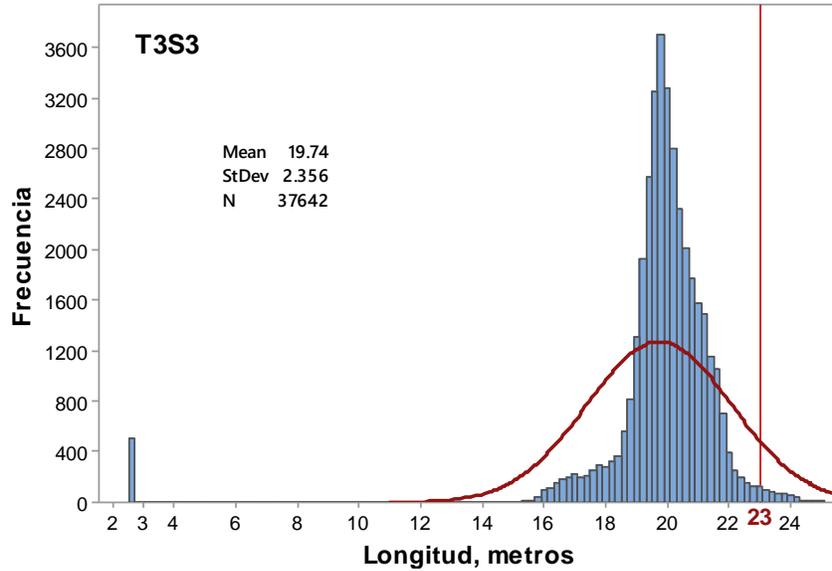


Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.75** Frecuencias acumuladas de la longitud de los T3S2

### 2.4.6 Tractocamiones T3S3

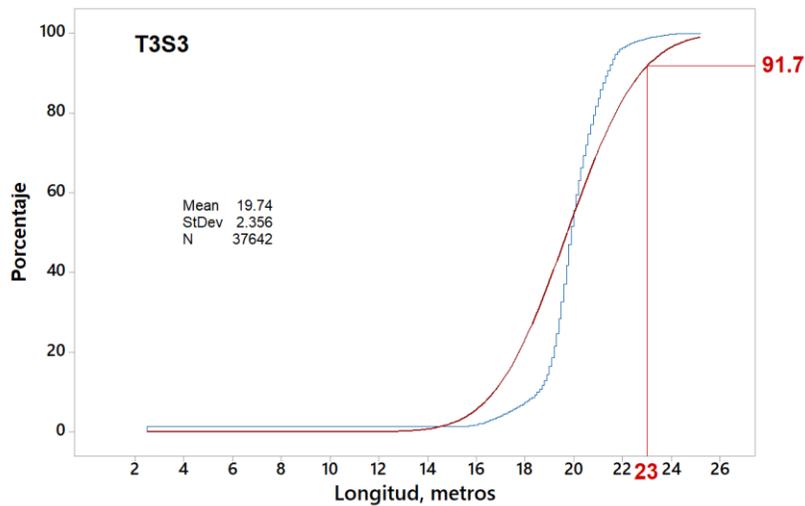
La longitud de los tractocamiones simplemente articulados T3S3 también está restringida a 23 m de largo. En la Gráfica 2.76 se muestra la distribución registrada. La media obtenida fue de 19.7 m.



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.76 Distribución de frecuencias de la longitud de los T3S3**

En la Gráfica 2.77 se muestra la curva de frecuencias acumuladas. El 8% excedió la longitud reglamentada



Fuente: elaboración propia

**Gráfica 2.77 Frecuencias acumuladas de la longitud de los T3S3**

### **2.4.7 Tractocamiones T3S2R4**

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

De los 5 mil 727 T3S2R4, en 5 mil 535 (97%) 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. 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 dos años. Los vehículos evaluados en 2016 (103 mil aproximadamente) corresponden a los registrados en los meses de enero y febrero y los de 2017 (un millón 535 mil 548) a 212 días de enero a agosto.

**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 <sup>1</sup>	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	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

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

Fuente: elaboración propia

Con los datos disponibles, se observó un incremento del 11.2% en el tránsito diario promedio anual. La distribución vehicular es similar en los dos años.

#### 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 dos 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 y los de 2017 a los meses de enero a agosto.

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 C2 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.

**Tabla 3.2 Peso bruto vehicular**

Vehículo	Sentido	2016		2017	
		Muestra	PBV	Muestra	PBV
Autobuses	1	16 587	<b>15.60</b>	52 837	8.20
	2	15 082	12.20	61 132	<b>12.18</b>
C2	1	11 910	<b>7.30</b>	44 272	3.11
	2	11 049	4.90	42 562	3.64
C3	1	12 203	<b>16.40</b>	31 486	7.99
	2	8 333	15.30	23 686	<b>11.62</b>
T2S2	1	1 593	<b>17.90</b>	4 556	10.22
	2	1 025	10.00	3 802	9.69
T3S2	1	10 121	<b>27.80</b>	51 196	13.24
	2	4 796	21.80	35 462	15.56
T3S3	1	2 918	<b>35.20</b>	13 160	17.46
	2	3 243	34.40	24 482	23.90
T3S2R4	1	3 035	<b>42.00</b>	4 026	9.88
	2	1 436	41.30	1 701	<b>14.17</b>

Fuente: elaboración propia

Debido a las notables diferencias por sentido de circulación, en la Tabla 3.3 se muestran los resultados obtenidos en 2017 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 vehicular 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	34 453	4 186	6.95	<b>16.18</b>	36 907	5 931	<b>12.70</b>	7.02
B3	12 686	1 512	8.51	<b>12.01</b>	16 460	1 834	<b>13.26</b>	8.77
C2	35 392	8 881	3.10	<b>3.14</b>	31 685	10 877	<b>4.28</b>	<b>1.79</b>
C3	28 153	3 333	7.78	<b>9.78</b>	19 763	3 923	<b>12.36</b>	7.88
T3S2	47 323	3 873	13.00	<b>16.22</b>	31 984	3 478	<b>15.87</b>	12.67
T3S3	12 344	816	17.42	<b>18.12</b>	22 750	1 732	<b>24.08</b>	21.56
T3S2R4	3 808	218	9.67	<b>13.40</b>	1 502	199	<b>14.53</b>	11.45

Fuente: elaboración propia

Por el carril derecho circulan la mayoría de los vehículos, en sentido uno fue el 88% del flujo vehicular y 85% en el sentido dos.

En el sentido uno, para algunos vehículos, los PBV promedio en el carril derecho

(de mayor flujo) fueron considerablemente menores que los obtenidos en el carril izquierdo. Por ejemplo, por el carril derecho circuló el 89% de autobuses B2, pero el PBV promedio fue menor a la mitad del PBV promedio obtenido para los que circularon por el carril izquierdo.

En el sentido dos ocurre lo contrario, los PBV promedio son mayores en el carril donde circula la mayoría, el carril derecho.

### 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.

**Tabla 3.4 Comparación del promedio de velocidades**

Vehículo	Año			
	2016		2017	
	Vehículos	Velocidad	Vehículos	Velocidad
<b>Motos</b>			12 431	96.9
<b>A</b>			720 118	106.0
<b>Autobuses</b>	31 669	81.7	113 969	84.4
<b>B2</b>			81 477	85.7
<b>B3</b>			32 492	81.0
<b>C2</b>	22 959	90.7	86 835	91.1
<b>C3</b>	20 536	77.5	55 172	80.0
<b>T2S2</b>	2 618	78.7	8 358	82.7
<b>T3S2</b>	14 917	76.9	86 658	79.7
<b>T3S3</b>	6 161	70.2	37 642	73.1
<b>T3S2R4</b>	4 471	73.1	5 727	77.4

Fuente: elaboración propia

Los resultados por sentido de circulación reportados para los datos de 2016 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 2017.

En ambos sentidos, la velocidad de los vehículos que circularon por el carril izquierdo fue mayor que los que lo hicieron por el derecho. En general, los que circulaban hacia la CDMX iban a menor velocidad de los que iban a Tuxpan, sin embargo, los autos y motocicletas en esa dirección conducían a una velocidad ligeramente mayor que los que se dirigían hacia Tuxpan.

Si los camiones C2 “regresarán” a CDMX vacíos, podrían presentar mayor velocidad, pero van ligeramente a menor velocidad.

**Tabla 3.5 Velocidad promedio por sentido de circulación y carril 2017**

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
<b>Motos</b>	3 122	2 538	93.1	105.19	4 158	2 613	88.59	<b>106.53</b>
<b>Autos</b>	253 462	112 252	101.7	114.59	208 404	146 000	99.51	<b>116.03</b>
<b>B2</b>	34 453	4 186	85.2	<b>93.35</b>	36 907	5 931	84.50	90.90
<b>B3</b>	12 686	1 512	83.2	<b>93.42</b>	16 460	1 834	77.46	87.56
<b>C2</b>	35 392	8 881	86.4	<b>106.41</b>	31 685	10 877	87.17	105.04
<b>C3</b>	28 153	3 333	82.0	<b>94.35</b>	19 763	3 923	73.93	83.53
<b>T3S2</b>	47 323	3 873	80.8	<b>90.88</b>	31 984	3 478	76.56	82.71
<b>T3S3</b>	12 344	816	75.7	<b>90.73</b>	22 750	1 732	70.76	76.43
<b>T3S2R4</b>	3 808	218	78.9	<b>88.85</b>	1 502	199	71.88	77.49
<b>Todos</b>	592 278	178 289	93.8	112.43	531 784	233 197	91.01	112.22

Fuente: elaboración propia

### 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 y 2017. 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 velocidades**

Vehículo	Año			
	2016		2017	
	Vehículos	Longitud	Vehículos	Longitud
<b>Motos</b>			12 431	3.0
<b>A</b>			720 118	9.9
<b>Autobuses</b>	31 669	13.4	113 969	14.1
<b>B2</b>			81 477	14.2
<b>B3</b>			32 492	14.0
<b>C2</b>	22 959	9.1	86 835	9.1
<b>C3</b>	20 536	11.9	55 172	12.4
<b>T2S2</b>	2 618	16.8	8 358	17.6
<b>T3S2</b>	14 917	20.6	86 658	20.6
<b>T3S3</b>	6 161	19.2	37 642	19.8
<b>T3S2R4</b>	4 471		5 727	*

\* Para el 97% de los registros se registró una longitud de 2.5m

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

**Tabla 3.7 Longitud promedio por sentido de circulación y carril 2017**

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
<b>Motos</b>	3 122	2 538	2.7	3.3	4 158	2 613	3.1	3.1
<b>Autos</b>	253 462	112 252	5.9	6.0	208 404	146 000	6.1	5.9
<b>B2</b>	34 453	4 186	14.0	14.7	36 907	5 931	14.2	14.7
<b>B3</b>	12 686	1 512	13.9	14.5	16 460	1 834	13.9	14.9
<b>C2</b>	35 392	8 881	9.2	8.7	31 685	10 877	9.2	8.6
<b>C3</b>	28 153	3 333	12.3	12.2	19 763	3 923	12.6	11.9
<b>T3S2</b>	47 323	3 873	20.5	20.1	31 984	3 478	20.9	19.9
<b>T3S3</b>	12 344	816	19.5	19.9	22 750	1 732	19.9	19.2
<b>T3S2R4</b>	3 808	218			1 502	199		

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 dos casos, con respecto a lo publicado en el libro de Datos Viales (DV), generado en la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT. El primer caso es la participación de los T3S2R4, el sistema reportó 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 fueron el 4.7% y para DV 0.9%.

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 97% 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 permitida. El 42.1% de los autos circulan a más de 110 km/h. Los autobuses tienen un límite de 95 km/h, 24.5% los autobuses B2 exceden ese límite y 17.8% de los B3 también. El límite para los vehículos de carga es de 80km/h, 69% de camiones C2 lo excedieron, 50% de C3, 49% de T3S2, 32% de T3S3 y 17.8% de T3S2R4 también excedieron.

La longitud máxima permitida para los autobuses es de 14 m, el porcentaje de B2 que excedieron ese límite fue de 54% y 49% los B3. Para los camiones unitarios, el

límite es de 14 m. Los C2 excedidos sólo fueron el 0.8% y 16% los C3. Los tractocamiones simplemente articulados tienen la restricción de 23 m de largo. El 18% de T3S2 excedieron el límite y 54% los T3S3.

## Bibliografía

---

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

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

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

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

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.

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

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

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



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

[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)

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