

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**CARACTERIZACIÓN DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS PESADOS EN
LA PANAMERICANA NORTE - SECTOR SERPENTÍN DE
PASAMAYO, PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS CON EL
MÉTODO MECANÍSTICO-EMPÍRICO DEL AASHTO**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Daniel Angel Graus Medina

ASESOR:

Juan Pablo Zamora Beyk


Lima, Noviembre, 2023

Informe de Similitud

Yo, Juan Pablo Zamora Beyk, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada CARACTERIZACION DEL TRANSITO DE VEHICULOS PESADOS EN LA PANAMERICANA NORTE – SECTOR SERPENTIN DE PASAMAYO, PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS CON EL METODO MECANISTICO-EMPIRICO DEL AASHTO, del autor Daniel Angel Graus Medina, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 13%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 28/11/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 28 de noviembre del 2023

Apellidos y nombres del asesor: <u>Zamora Beyk, Juan Pablo</u>	
DNI: 42867511	 Firma
ORCID: 0000-0002-0849-6958	

RESUMEN

Actualmente el diseño de pavimentos en el Perú se realiza con métodos empíricos que datan de los años 70. Sin embargo, ya se cuenta con métodos mecanísticos-empíricos que mediante un modelamiento y caracterización realista de la estructura del pavimento y sus sollicitaciones, analizan el desempeño que tendrá el pavimento durante su vida útil. El método que más destaca es el método mecanístico-empírico del AASHTO, también conocido como MEPDG, que para ser usado en el Perú requiere la calibración local de los modelos de predicción de deterioro de acuerdo al comportamiento real observado en campo; así como una base de datos de entrada que incluya información climática detallada, información del tránsito de vehículos pesados, espectros de cargas de tráfico, propiedades de los materiales disponibles, entre otros.

En el presente trabajo se caracteriza el tránsito de vehículos pesados que circula por la Panamericana Norte, con el fin de estudiar y generar los datos de entrada de tráfico que usa el MEPDG, en base a la información registrada durante tres años en las estaciones de pesaje del sector Serpentín de Pasamayo. Primero, se discute la normativa y el procedimiento con el que se realiza el control de peso en las estaciones de pesaje en el Perú. Luego, se analizan los registros obtenidos del control de peso en las estaciones de pesaje de Serpentín de Pasamayo. Después, se procesan los datos recopilados y se obtienen los parámetros que caracterizan el tránsito de vehículos pesados según el MEPDG.

Finalmente, se analizan y comparan los espectros de carga por eje obtenidos de la caracterización, de donde se concluye que la información registrada en las estaciones de pesaje puede ser utilizada para generar la mayoría de los parámetros de entrada. No obstante, todavía se debe mejorar el control de pesaje para tener datos de tráfico más completos y de mejor calidad.

DEDICATORIA

A mis padres, Evita y Dennis, a mis abuelitos, Martha, Ángel, Walter y Juana, quienes me educaron con la convicción que el estudio es esencial para mi desarrollo como persona. Completar este trabajo representa un logro académico que no hubiera alcanzado sin su apoyo y amor incondicional.



AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Juan Pablo Zamora, por inculcarme la idea de investigar sobre el método mecanístico-empírico del AASHTO y por instruirme durante el desarrollo de esta investigación.

A Ricardo Polo y Christian Castillo que me brindaron los datos de tráfico registrados en las estaciones de pesaje Serpentín de Pasamayo. Sin su ayuda desinteresada no hubiera sido posible llevar a cabo este trabajo.



ÍNDICE

RESUMEN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación.....	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Metodología de trabajo.....	3
1.4. Normativa peruana para el diseño de pavimentos.....	5
1.5. Situación de la metodología de diseño M-E del AASHTO en Latinoamérica y el Perú	6
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Definición y clasificación de los pavimentos.....	10
2.1.1. Pavimentos flexibles	10
2.1.2. Pavimentos rígidos.....	11
2.2. Diseño de pavimentos con el método mecanístico-empírico del AASHTO.....	13
2.2.1. Perspectiva histórica	13
2.2.2. Descripción de la metodología mecanística empírica.....	14
2.2.3. Procedimiento general de diseño	14
2.2.4. Datos de entrada.....	17
2.2.5. Niveles Jerárquicos de los datos de entrada.....	21
2.2.6. Modelos de respuesta estructural	23
2.2.7. Indicadores de desempeño	23
2.2.8. Criterios de desempeño.....	27
2.2.9. Confiabilidad.....	28
2.3. Caracterización del tráfico según el método M-E del AASHTO.....	29
2.3.1. Niveles jerárquicos en datos de tráfico	29
2.3.2. Fuentes para la caracterización del tránsito	30

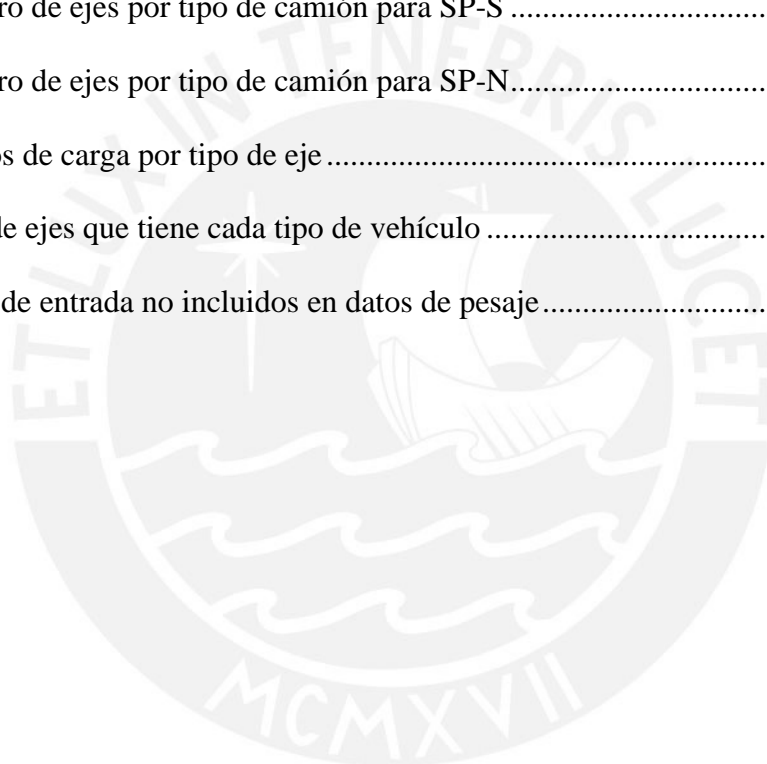
2.3.3.	Parámetros requeridos para la caracterización del tránsito de camiones	31
2.3.4.	Condiciones del plan de muestreo	40
CAPÍTULO 3. SISTEMA DE PESAJE Y CONTEO DE VEHÍCULOS PESADOS EN EL PERÚ		42
3.1.	Pesaje en movimiento – WIM	42
3.2.	Sistema de pesaje vehicular en red vial peruana	44
3.3.	Reglamento nacional de vehículos	45
3.3.1.	Tipo de vehículos	47
3.3.2.	Pesos máximos permitidos	47
3.3.3.	Tolerancia del pesaje dinámico	49
3.3.4.	Suspensiones neumáticas y neumáticos extra anchos	49
3.4.	Proceso de verificación de pesos y medidas vehiculares	49
3.5.	Estaciones de pesaje fijas	50
3.5.1.	Balanza Selectiva y Balanza Punitiva	51
3.6.	Estaciones de pesaje móviles	52
3.7.	Problemática en el sistema de pesaje y conteo de vehículos pesados	53
CAPÍTULO 4. DATOS DE TRÁFICO		55
4.1.	Fuente de información	55
4.1.1.	Vehículos que transitan por el Serpentín de Pasamayo	56
4.2.	Datos recopilados	57
4.2.1.	Flujo vehicular	57
4.2.2.	Pesaje Selectivo	58
4.2.3.	Pesaje Punitivo	59
4.3.	Procesamiento de datos	60
4.3.1.	Equivalencia entre clasificación vehicular del RNV y de la FHWA	61
4.4.	Revisión de datos	64
4.4.1.	Revisión de datos de pesaje selectivo	64
4.4.2.	Revisión de datos de pesaje punitivo	65
4.4.3.	Confiabilidad de datos según el MEPDG	68
CAPÍTULO 5. GENERACIÓN DE PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR EL TRÁNSITO		70
5.1.	Datos de entrada específicos de la carretera	71
5.1.1.	Tránsito promedio diario anual inicial de camiones en vías de dos sentidos (AADTT)	71

5.1.2.	Número de carriles en la dirección de diseño	72
5.1.3.	Porcentaje de camiones en el carril de diseño	72
5.1.4.	Porcentaje de camiones en la dirección de diseño	73
5.1.5.	Velocidad de operación.....	73
5.1.6.	Crecimiento del tránsito de camiones	74
5.2.	Datos de entrada extraídos de las estaciones de pesaje en movimiento.....	75
5.2.1.	Distribución normalizada del volumen de camiones	75
5.2.2.	Factores de distribución mensual.....	77
5.2.3.	Factores de distribución por horario	78
5.2.4.	Número de ejes por tipo de camión	81
5.2.5.	Distribuciones normalizadas de carga por eje	82
5.3.	Datos de entrada no incluidos en los datos de estaciones de pesaje	89
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE ESPECTROS DE CARGA POR EJE.....		91
6.1.	Comparación entre meses.....	91
6.2.	Comparación entre años	97
6.3.	Comparación con espectros de software AASHTOWare Pavement ME design	99
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		103
REFERENCIAS.....		106
ANEXOS		110
ANEXO A: Distribución Normalizada de carga Eje Simple SP-N		110
ANEXO B: Distribución Normalizada de carga Eje Simple SP-S		113
ANEXO C: Distribución Normalizada de carga Eje Tándem SP-N.....		116
ANEXO D: Distribución Normalizada de carga Eje Tándem SP-S		119
ANEXO E: Distribución Normalizada de carga Eje Trídem SP-N		122
ANEXO F: Distribución Normalizada de carga Eje Trídem SP-S		125

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de entrada utilizados típicamente en los modelos del software.....	22
Tabla 2. Valores umbrales para cada indicador de desempeño recomendado en carreteras de Estados Unidos.....	28
Tabla 3. Niveles de confiabilidad mínimos recomendados en el MEPDG.....	29
Tabla 4. Tipos de crecimiento del MEPDG.....	33
Tabla 5. Distribuciones normalizadas de carga por eje incluidas por defecto en el software AASHTOWare.....	34
Tabla 6. Grupo TTC y valores por defecto de distribución de las clases de camiones incluidos en el software.	36
Tabla 7. Descripción y definición de los grupos TTC.....	36
Tabla 8. Tamaño mínimo de muestra (número de días por año) para estimar la distribución normalizada de carga por eje mediante datos WIM.....	41
Tabla 9. Tamaño mínimo de muestra (número de días por estación) para estimar la distribución normalizada de volumen de camiones mediante datos AVC.....	41
Tabla 10. Tipos de sistemas WIM	42
Tabla 11. Datos que produce cada sistema WIM.	43
Tabla 12. Tolerancia del pesaje dinámico.....	49
Tabla 13. Equivalencia de clasificación FHWA y RNV	62
Tabla 14. Total de vehículos registrados en balanza selectiva y en balanza punitiva	67
Tabla 15. Tamaño de muestra para estimar la distribución normalizada de carga por eje	68
Tabla 16. Tamaño de muestra para estimar la distribución normalizada de volumen de camiones	68
Tabla 17. Resultados de AADTT por año	71
Tabla 18. Resultados de porcentaje de camiones en el carril de diseño.	73

Tabla 19. Resultados de porcentaje de camiones en la dirección de diseño.....	73
Tabla 20. Distribución Normalizada del volumen de camiones SP-N	76
Tabla 21. Distribución Normalizada del volumen de camiones SP-S.....	76
Tabla 22. Factores de distribución mensual SP-N para el año base	77
Tabla 23. Factores de distribución mensual SP-S para el año base.....	78
Tabla 24. Factores de distribución horaria SP-N.....	80
Tabla 25. Factores de distribución horaria SP-S.....	81
Tabla 26. Número de ejes por tipo de camión para SP-S	82
Tabla 27. Número de ejes por tipo de camión para SP-N.....	82
Tabla 28. Rangos de carga por tipo de eje	83
Tabla 29. Tipo de ejes que tiene cada tipo de vehículo	85
Tabla 30. Datos de entrada no incluidos en datos de pesaje.....	90



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología del trabajo.....	4
Figura 2. Estado de la implementación del MEPDG en Latinoamérica.....	7
Figura 3. Estructuras de pavimento flexible nuevo en el MEPDG.....	11
Figura 4. Estructuras de pavimento rígido nuevo en el MEPDG.	12
Figura 5. Diagrama de procedimiento de diseño de pavimentos nuevos y rehabilitados.	17
Figura 6. Clasificación de vehículos de la FHWA	35
Figura 7. Estaciones de pesaje operativas 2022.....	45
Figura 8. Peso máximo por eje y conjunto de ejes.	48
Figura 9. Esquema estación de pesaje fija.	50
Figura 10. Balanza tipo Load Cell.	51
Figura 11. Estación de pesaje móvil Yura.	52
Figura 12. Estación de pesaje móvil Anta.	53
Figura 13. Imagen satelital EP Serpentín de Pasamayo.....	55
Figura 14. Flujo vehicular SP-N enero del 2018	58
Figura 15. Pesaje Selectivo SP-N enero del 2018.....	59
Figura 16. Pesaje Punitivo SP-N enero del 2018, parte 1	60
Figura 17. Pesaje Punitivo SP-N enero del 2018, parte 2.....	60
Figura 18. Reportes para generar parámetros de tráfico	60
Figura 19. Datos totales de pesaje selectivo en estación SP-N.....	64
Figura 20. Datos totales de pesaje selectivo en estación SP-S	65
Figura 21. Interfaz para ingresar parámetros de tráfico en AASHTOWare Pavement ME Design	70
Figura 22. AADTT por año en sector Serpentín de Pasamayo.....	72
Figura 23. Total de vehículos pesados registrados en peaje de Serpentín de Pasamayo.	74

Figura 24. Variación real anual del PBI del Perú 2014-2021.....	75
Figura 25. Factores de distribución horaria por año en SP-N.....	79
Figura 26. Factores de distribución horaria por año en SP-S	79
Figura 27. Ingreso de distribución de carga por eje en software	84
Figura 28. Espectro de carga, eje simple, clase 10	87
Figura 29. Espectro de carga, eje tándem, clase 10	87
Figura 30. Espectro de carga, eje tridem, clase 10.....	87
Figura 31. Espectro de carga, eje simple, clase 5	88
Figura 32. Espectro de carga, eje simple, clase 6	88
Figura 33. Espectro de carga, eje tándem, clase 6	88
Figura 34. Espectro de carga, eje simple, clase 10, SP-N.....	92
Figura 35. Espectro de carga, eje simple, clase 10, SP-S	92
Figura 36. Espectro de carga, eje tándem, clase 10, SP-N.....	93
Figura 37. Espectro de carga, eje tándem, clase 10, SP-S	93
Figura 38. Espectro de carga, eje trídem, clase 10, SP-N.....	93
Figura 39. Espectro de carga, eje trídem, clase 10, SP-S.....	94
Figura 40. Espectro de carga, eje simple, clase 5, SP-N.....	94
Figura 41. Espectro de carga, eje simple, clase 5, SP-S	95
Figura 42. Espectro de carga, eje simple, clase 6, SP-N.....	95
Figura 43. Espectro de carga, eje simple, clase 6, SP-S	96
Figura 44. Espectro de carga, eje tándem, clase 6, SP-N.....	96
Figura 45. Espectro de carga, eje tándem, clase 6, SP-S	96
Figura 46. Espectro de carga, eje simple, clase 10	97
Figura 47. Espectro de carga, eje tándem, clase 10	98
Figura 48. Espectro de carga, eje trídem, clase 10.....	98

Figura 49. Espectro de carga, eje simple, clase 5	98
Figura 50. Espectro de carga, eje simple, clase 6	99
Figura 51. Espectro de carga, eje tándem, clase 6	99
Figura 52. Espectro de carga, eje simple, clase 10	100
Figura 53. Espectro de carga, eje tándem, clase 10	101
Figura 54. Espectro de carga, eje trídem, clase 10.....	101
Figura 55. Espectro de carga, eje simple, clase 5	101
Figura 56. Espectro de carga, eje simple, clase 6	102
Figura 57. Espectro de carga, eje tándem, clase 6	102



LISTA DE ABREVIATURAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes)

AADTT – Annual Average Daily Truck Traffic (Tránsito Promedio Diario Anual de Camiones en vías de dos sentidos)

AVC – Automatic Vehicle Classification (Clasificación Automatizada de Vehículos)

DDF – Directional Distribution Factor (Factor de Distribución Direccional)

FEA – Finite Element Analysis (Análisis de Elementos Finitos)

FHWA – Federal Highway Administration (Administración Federal de Carreteras)

HDF – Hourly Distribution Factors (Factores de Distribución por Horario)

HMA – Hot Mix Asphalt (Mezcla Asfáltica en Caliente)

ICG – Instituto de la Construcción y Gerencia

INACAL – Instituto Nacional de Calidad

IRI – International Roughness Index (Índice Internacional de Rugosidad)

LDF – Lane Distribution Factor (Factor de Distribución de Carril)

LTPP – Long-Term Pavement Performance (Programa de Desempeño a Largo Plazo)

MAF – Monthly Adjustment Factors (Factores de Distribución Mensual)

M-E – Mecánico Empírico

MEPDG – Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos)

MLET – Multi-layer Elastic Theory (Teoría Elástica Multicapa)

MTC – Ministerio de Transportes y Comunicaciones

MVCS – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

OSITRAN – Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público

PBV – Peso Bruto Vehicular

PCC – Portland Cement Concrete (Concreto de Cemento Portland)

RNV – Reglamento Nacional de Vehículos

SP-N – Serpentín de Pasamayo-Norte

SP-S – Serpentín de Pasamayo-Sur

SUTRAN – Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías

WIM – Weigh-In-Motion (Pesaje en Movimiento)



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

En Perú, el diseño de pavimentos de carreteras se hace según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Esta guía de diseño está basada en el AASHTO 93, método de diseño que establece relaciones entre el nivel de servicio y las propiedades estructurales de los materiales que conforman la estructura del pavimento, basándose en los resultados de pruebas experimentales desarrolladas en pavimentos conformados por materiales similares y sometidos a una sola condición climática de Estados Unidos.

Así como el AASHTO 93 en que se basa el manual del MTC, hay otros métodos de diseño de pavimentos con distintos objetivos, como optimizar los costos de inversión para el tiempo de vida del pavimento o limitar esfuerzos para evitar cierto tipo de fallas. Pero lo ideal es tener un método de diseño con un enfoque integral, que considere objetivos múltiples simultáneamente (Chang, 2012).

El diseño integral se caracteriza por efectuar un análisis estructural y funcional del pavimento empleando modelos que representen en forma realista su comportamiento a futuro. Los métodos que más se acercan a un enfoque integral son los métodos mecánicos calibrados para condiciones locales. Estos métodos simulan el efecto de las condiciones medio ambientales y las cargas de tráfico, considerando su impacto en el desempeño estructural y funcional del pavimento, lo cual permite conocer su desempeño futuro y planificar estrategias de mantenimiento para mantener las condiciones de servicio (Chang, 2012).

El método de diseño mecánico-empírico (M-E) del AASHTO, fue publicado en el 2008 con dos productos: la guía de diseño mecánico-empírico de pavimentos (MEPDG, por sus siglas en inglés) y el software MEDPG v.1.1. Este método de diseño modela de manera más realista

los factores que afectan el desempeño del pavimento: clima, cargas de tráfico, variación de propiedades y respuesta estructural en el tiempo. Deja los procedimientos con base empírica por procedimientos mecanísticos que se enfocan también en el desempeño futuro pronosticando la aparición de deterioros o fallas (Chang, 2012). A diferencia de otros métodos mecanísticos de análisis de pavimentos, el MEPDG sí realiza cálculo incremental de deterioro en periodos de análisis muy cortos; y predice, con modelos M-E basados en información real del comportamiento de gran cantidad de pavimentos, los deterioros más frecuentes que se presentan. Es la herramienta de diseño y análisis más completa que existe, pues no solo tiene aplicación en definir la estructura de un pavimento, sino que esta también puede ser utilizada para programar el mantenimiento de pavimentos en servicio. Las predicciones de deterioro del MEPDG han sido corroboradas en diversos estudios que concluyen en la validación de la confiabilidad y los resultados predichos (Martínez & Pérez, 2015).

Para la implementación del MEPDG es necesario un esfuerzo conjunto de profesionales, entidades y universidades para estudiar el método y realizar una calibración local adecuada. Para esta calibración es necesario desarrollar una base de datos con información climática, información de materiales del pavimento, información de tráfico, entre otros (Chang, 2012). Por ello, dado que el tráfico es la principal carga que se aplica al pavimento, el presente trabajo analiza la disponibilidad y calidad de información de tráfico que se genera en la estación de pesaje Serpentin de Pasamayo, para luego caracterizar el tránsito de vehículos pesados que circula en la carretera Panamericana Norte según el MEPDG. Resultado de la caracterización se obtiene los espectros de carga por eje de cada tipo de vehículo, que aporta a la base de datos de información de tráfico a utilizar en un futuro para la calibración e implementación del método mecanístico-empírico del AASHTO en el Perú.

1.2. Objetivos

Objetivo general:

Caracterizar el tránsito de vehículos pesados que circulan por la carretera Panamericana Norte en el sector de Serpentín de Pasamayo, para el diseño de pavimentos con el método mecanístico-empírico del AASHTO.

Objetivos específicos:

- Describir el diseño de pavimentos con el método mecanístico-empírico del AASHTO.
- Discutir la normativa y objetivos del control de vehículos pesados en los sistemas de pesaje y conteo vehicular que operan en la red vial peruana.
- Generar para cada estación de pesaje los espectros de carga y otros parámetros necesarios para caracterizar el tránsito de vehículos pesados.

1.3. Metodología de trabajo

En primer lugar, se realiza una descripción del diseño de pavimentos con el método M-E del AASHTO, su origen, el procedimiento de diseño, las variables de entrada, los modelos que utiliza y los resultados que se obtienen.

En segundo lugar, se describe detalladamente los parámetros que utiliza el método M-E del AASHTO para caracterizar el tránsito de vehículos pesados, los valores recomendados, las fuentes para obtener datos, y las condiciones de muestreo.

En tercer lugar, se describen y analizan los sistemas de pesaje y conteo de vehículos pesados que operan en la red vial del Perú; la normativa que reglamenta su operación, los objetivos que tiene, la forma en que se realiza el pesaje, las estaciones de pesaje y los tipos de balanza que se utilizan.

En cuarto lugar, se describe la recopilación, procesamiento y revisión de los datos de pesaje y conteo vehicular registrados en los años 2017, 2018 y 2019 en las estaciones de pesaje de Serpentín de Pasamayo-Norte y Serpentín de Pasamayo-Sur.

En quinto lugar, se generan los parámetros de tráfico para cada estación de pesaje, es decir, se calculan los parámetros de volumen y de distribución de carga por eje (espectros de carga), según la metodología M-E del AASHTO.

Finalmente, se analizan y comparan los espectros de carga por tipo de eje, normalizados a nivel mensual, anual y global para cada estación de pesaje, con los espectros de carga que incluye por defecto el software de diseño M-E del AASHTO.

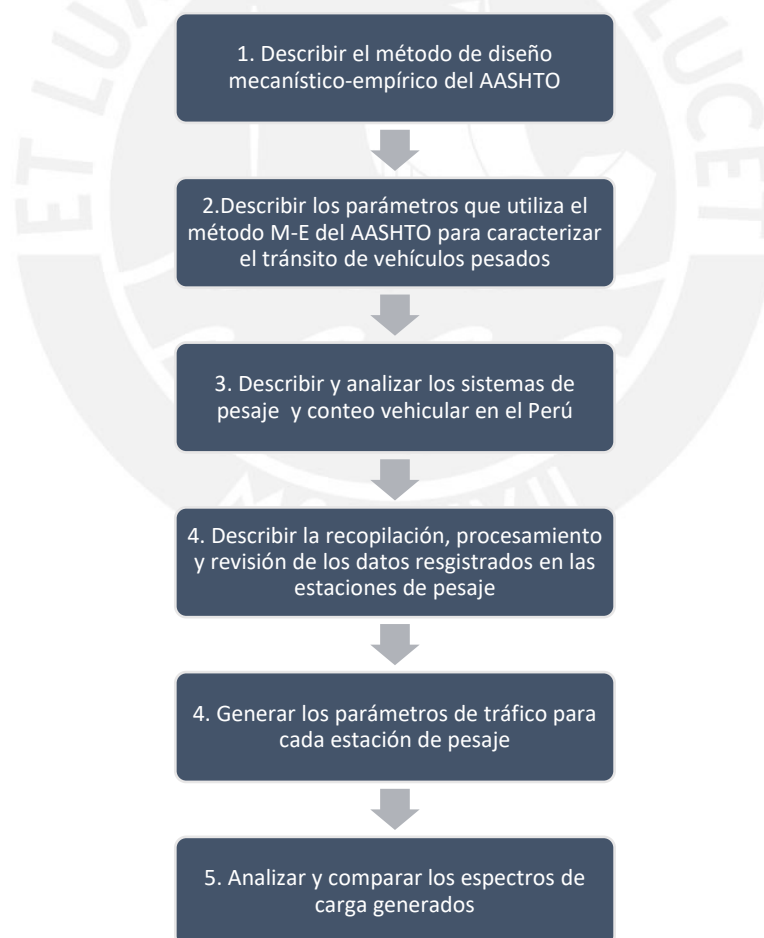


Figura 1. Metodología del trabajo

1.4. Normativa peruana para el diseño de pavimentos

- a. Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección de Suelos y Pavimentos

Este manual fue publicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el año 2014, “tiene por objetivo brindar a los ingenieros las pautas y criterios técnicos apropiados para diseñar eficientemente las capas superiores y la superficie de rodadura de los caminos o carreteras no pavimentadas y pavimentadas” (MTC, 2014, p. 7).

El manual se basa en el método del AASHTO Guide for Design of Pavements Structures de 1993, para desarrollar un “Catálogo de estructuras de pavimentos”. En los primeros capítulos aborda cómo caracterizar el tráfico, clima, suelo de subrasante y materiales del pavimento. Luego, trata la metodología de diseño de pavimentos flexibles, rígidos y semirrígidos según el AASHTO 93.

En el capítulo 16 del manual, se introduce el estudio del comportamiento del pavimento. Se indica que el proyectista debe realizar un análisis de la estructura del pavimento para su periodo de diseño, y verificar que los criterios de comportamiento y niveles de servicio estén por debajo de los valores máximos que establecen las tablas de este capítulo. Los ejemplos de verificación que muestra en el manual se realizaron con los modelos HDM III y HDM4, que internamente contienen submodelos de deterioro del pavimento. Sin embargo, se indica que el proyectista puede utilizar otros modelos que cuenten con aceptación del MTC.

- b. Norma CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones

Esta norma fue publicada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en el año 2010; “tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, ... a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y

estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio” (MVCS, 2010, p. 4).

La norma en su capítulo 4 de “Diseño Estructural de Pavimentos Urbanos” indica que se puede utilizar cualquier método de diseño estructural que este sustentado en teorías y experiencias a largo plazo, como las metodologías del Instituto del Asfalto, de la AASHTO 93 y de la PCA. Además, incluye en sus anexos B, D y F metodologías sugeridas para el diseño de pavimentos urbanos, basado en las anteriores metodologías. La norma permite utilizar otra metodología de diseño, con la obligación de incluirla como anexo a la Memoria Descriptiva.

1.5. Situación de la metodología de diseño M-E del AASHTO en Latinoamérica y el Perú

Desde la publicación de la Guía de Diseño Mecánico-Empírico (M-E) de Pavimentos por parte de AASHTO en Julio del 2008 se inició su implementación en Estados Unidos, donde los departamentos de transporte de cada estado han evaluado y generado su información de clima, suelos, tráfico y materiales, para que luego de una calibración local de los modelos de desempeño este método sea usado en el diseño de pavimentos. De igual manera en algunos países de Latinoamérica, como Costa Rica, México y Chile, se ha hecho el esfuerzo de implementar y calibrar el método para su uso en el diseño de pavimentos.

En un estudio realizado por destacados ingenieros de pavimentos en el año 2013 con el fin de conocer el nivel de conocimiento y uso del método M-E del AASHTO en Latinoamérica, se encuestó a 1000 consultores, docentes y estudiantes de quince países donde se obtuvieron los resultados de la Figura 2.

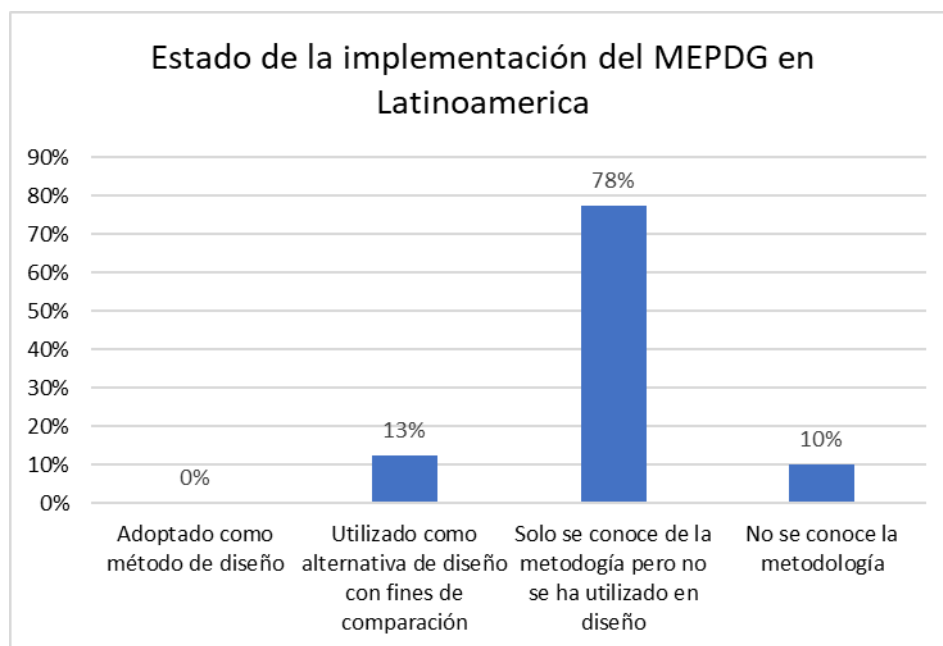


Figura 2. Estado de la implementación del MEPDG en Latinoamérica.

Tomado de “*Aplicabilidad del método Mecánico-Empírico de diseño de pavimentos (MEPDG) AASHTO 2008 en Latinoamérica*”, por Chang et al., 2013, p. 5.

Se concluyó que el uso del método M-E para el diseño de pavimentos en Latinoamérica era bastante limitado en ese momento. Si bien el 77.5 % indicaba conocer la metodología Mecánica-Empírica, esta no se empleaba en la práctica diaria, sino se usaba el método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles (Chang et al., 2013).

Para el diseño de pavimentos flexibles se obtuvo que el 75 % de las entidades encuestadas utilizaban el método AASHTO 93, mientras solo una usaba el MEPDG ocasionalmente para la verificación del diseño. Por otro lado, para el diseño de pavimentos rígidos el 64 % de las entidades indicó que utilizaba el método AASHTO 93, el 35 % utilizaban el método de PCA y el 1 % utilizaban métodos locales basados en AASHTO 93 y PCA (Chang et al., 2013).

Finalmente, el estudio menciona los siguientes factores que dificultan la implementación del método en Latinoamérica:

- Falta de conocimiento del método
- Calibración de los modelos de deterioro del pavimento

- Acceso al software del MEPDG
- Falta de equipos de laboratorio para ensayos de materiales
- Falta de información climática detallada
- Ausencia de datos de tráfico para generar los espectros de carga
- Falta de apoyo de las entidades gubernamentales

A la fecha solo en Costa Rica, México y Chile se han hecho esfuerzos concretos para implementar métodos mecanísticos-empíricos para el diseño de pavimentos, y solo en este último es el método del AASHTO. En el laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales (Lanamme UCR) de Costa Rica se desarrolló una amplia investigación de modelos de deterioro, modelos climáticos, espectros de carga y comportamiento de materiales, con los cuales se desarrolló un software propio para el diseño M-E de pavimentos flexibles. De igual manera, en el Instituto Mexicano de Transporte (IMT) se realizó amplios estudios para desarrollar IMT-PAVE, su propio software de diseño M-E. Por otro lado, en Chile se elaboró la “Guía para la utilización del método AASHTO 2008 para el diseño de pavimentos rígidos en Chile” que contiene los modelos de deterioro calibrados, bases de datos de clima y tráfico para diseñar pavimentos rígidos.

En Perú se han realizado esfuerzos aislados de investigación e implementación del MEPDG, se han realizado tesis de pregrado en caracterización de tránsito, desarrollo de espectros de carga y desarrollo de modelos climáticos locales, así como una tesis de maestría sobre la implementación del MEPDG para el diseño de pavimentos en Piura. En el ámbito académico el Instituto de Gerencia y Construcción (ICG) ha promovido su difusión con el dictado de cursos de capacitación y con la publicación autorizada de la Guía de Diseño Mecanístico-Empírico de Pavimentos traducida al español.

En el XVII congreso internacional de infraestructura vial, organizado por ICG en agosto del 2018, el ingeniero Walter Aguirre presentó los resultados de una encuesta realizada en el Perú a especialistas de pavimentos acerca del método M-E del AASHTO. Se obtuvo que el 15 % han utilizado este método para compararlo con otro método de diseño; el 71 % conoce la metodología, pero no la ha empleado y el 14 % no conoce la metodología. Acerca del conocimiento del MEPDG, solo el 10 % dijo tener un conocimiento profundo, el 40 % un conocimiento mediano, el 36 % poco conocimiento y el 14 % no tiene conocimiento (Aguirre, 2018).

Si bien hay cierto conocimiento del método por parte de los especialistas en diseño de pavimentos, tanto en el Perú como en gran parte de Latinoamérica no se ha realizado una implementación del método M-E del AASHTO, porque se mantienen condiciones que impiden su implementación, tal como señaló Chang et al. en su artículo del 2013. Y solo son los casos excepcionales de Costa Rica, México y Chile donde sí se pueden avanzar en una implementación gracias al apoyo e inversión de entidades gubernamentales.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Definición y clasificación de los pavimentos

Un pavimento es una estructura compuesta por capas superpuestas que se apoyan en una subrasante. Estas capas son diseñadas y construidas de un material y tamaño determinado para que el pavimento resista los esfuerzos que las cargas de tráfico le transmiten durante el periodo de diseño (Montejo, 2001, p. 1).

Los pavimentos se clasifican principalmente en dos grupos:

2.1.1. Pavimentos flexibles.

Los pavimentos flexibles son aquellos cuya carpeta de rodadura es de concreto asfáltico apoyado sobre capas granulares no rígidas. La base granular superior, donde las cargas son mayores, se caracteriza por ser de mejor calidad y resistencia para que distribuya los esfuerzos en una intensidad menor a las capas inferiores. Esto hace posible que las capas inferiores sean de menor calidad y menos costo, pero de mayor espesor (Huang, 2004, p. 8).

Como se muestra en la Figura 3, la guía de diseño mecanístico-empírico de pavimentos se enfoca en el análisis y diseño de los siguientes tipos de pavimentos flexibles:

- Pavimentos flexibles convencionales: Pavimento con capa de concreto asfálticos de menos de 6 pulgadas, colocada sobre capas granulares (base y subbase).
- Pavimentos flexibles de resistencia profunda (Deep Strength): Pavimento con capa gruesa de concreto asfáltico de más de 6 pulgadas, colocada sobre capas granulares (AASHTO, 2020).
- Pavimentos de concreto asfáltico de profundidad total (Full-Depth): Pavimento con capas de concreto asfáltico colocadas sobre una capa de subrasante estabilizada o colocadas sobre el terraplén preparado o sobre la cimentación (AASHTO, 2020).

- Pavimentos Semirrígidos: Pavimento con capa de concreto asfáltico, colocada sobre base tratada con cemento o mezclas con agregados cementados, con o sin subbase granulares (AASHTO, 2020).

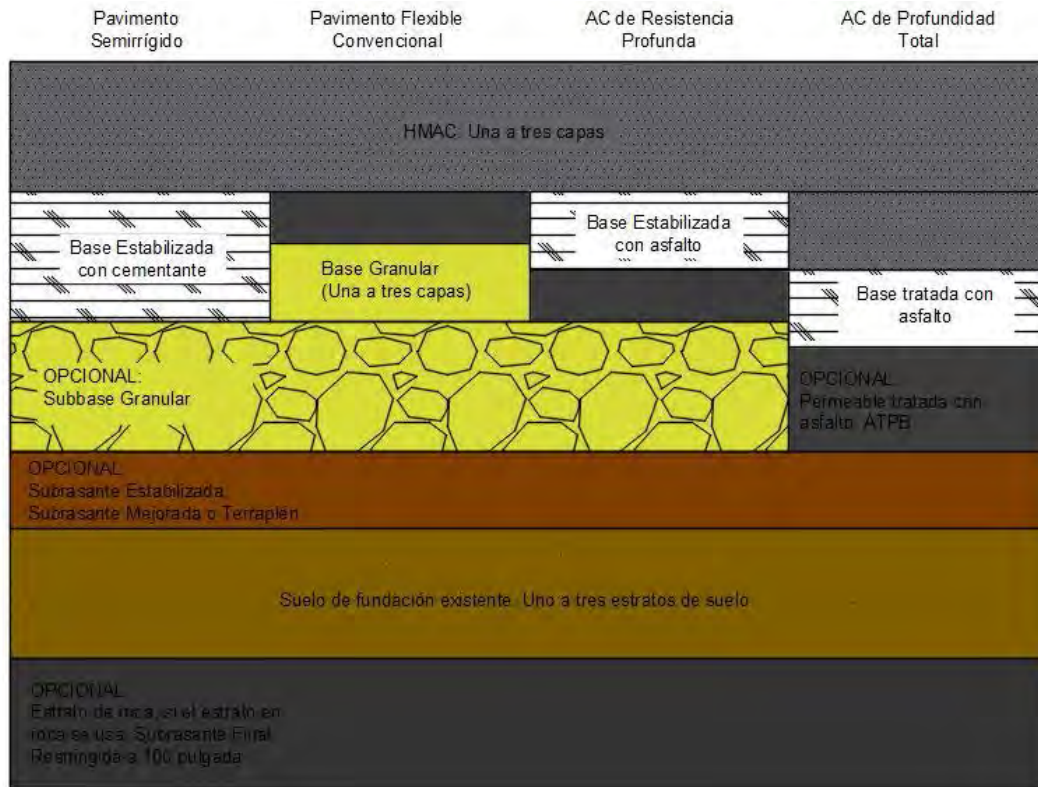


Figura 3. Estructuras de pavimento flexible nuevo en el MEPDG.

Adaptado de “Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos”, por AASHTO, 2020, p. 21.

2.1.2. Pavimentos rígidos.

Los pavimentos rígidos son aquellos cuya carpeta de rodadura es una losa de concreto hidráulico apoyada sobre una subbase granular o directamente sobre la subrasante. Debido al concreto con gran rigidez y módulo de elasticidad alto, los esfuerzos se distribuyen con menor intensidad en una zona más amplia a la capa inferior (Montejo, 2001, p. 5).

Los pavimentos rígidos se clasifican en cuatro tipos:

- Pavimento de concreto sin refuerzo con juntas - Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)

- Pavimento de concreto reforzado con juntas - Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP)
- Pavimento de concreto continuamente reforzado – Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP)
- Pavimento de concreto pretensado – Prestressed Concrete Pavement (PCP)

Como se muestra en la Figura 4, la guía de diseño mecanístico-empírico de pavimentos se enfoca en el análisis y diseño de pavimentos rígidos tipo JPCP y CRCP; por otro lado, los pavimentos tipo JRCP, que a diferencia del JPCP sí cuenta con malla de refuerzo, y los pavimentos tipo PCP no pueden ser analizados ni diseñados usando este método (AASHTO, 2020).

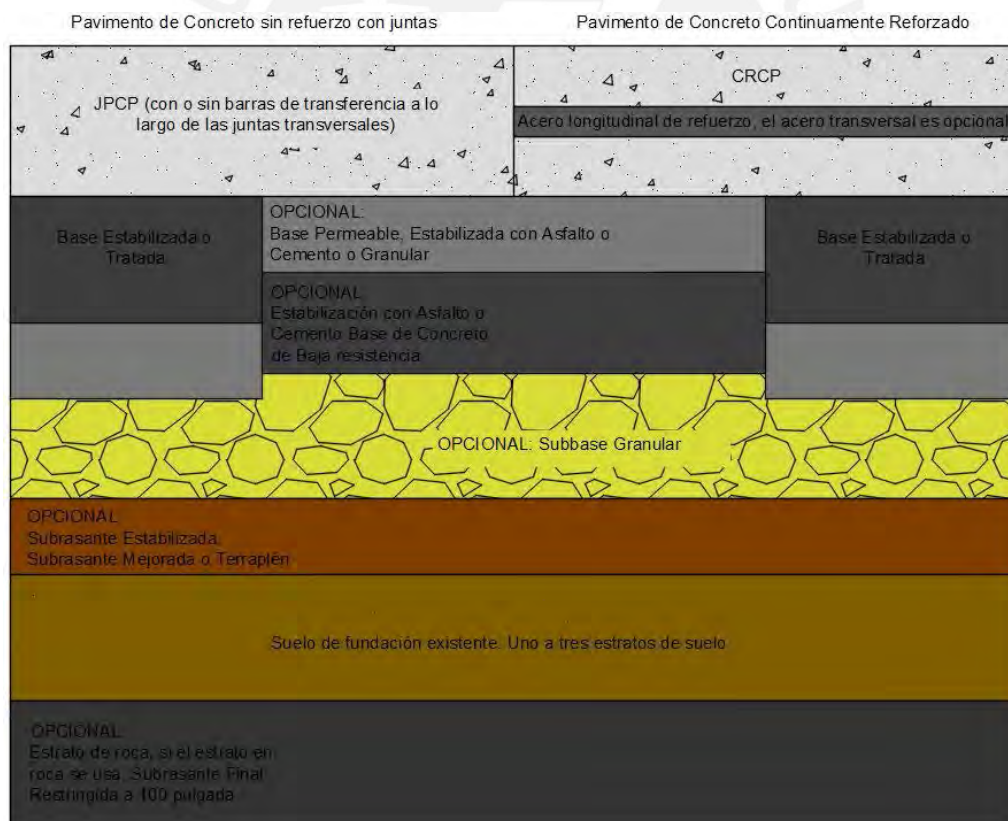


Figura 4. Estructuras de pavimento rígido nuevo en el MEPDG.

Adaptado de “Guía de Diseño Mecanístico-Empírico de Pavimentos”, por AASHTO, 2020, p. 25.

2.2. Diseño de pavimentos con el método mecanístico-empírico del AASHTO

2.2.1. Perspectiva histórica.

Desde fines de la década de 1970 se dio un desarrollo de métodos de diseño de pavimentos con principios mecanísticos, con la publicación del método de diseño de Shell, y luego con el método de diseño del Instituto del Asfalto. Estos métodos ya se basan en la teoría de capa elástica y usan fórmulas analíticas para describir el comportamiento del pavimento. Sin embargo, no fue posible seguir con el desarrollo de métodos de diseño mecanísticos-empíricos por la poca capacidad computacional para realizar un análisis incremental y dificultad para definir las variables de entrada.

En marzo de 1996 el AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) conformó el Joint Task Force on Pavements (grupo de trabajo conjunto sobre pavimentos) en cooperación con el NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) y la FHWA (Federal Highway Administration), con el objetivo de desarrollar una guía de diseño basada mayoritariamente en procedimientos mecanísticos. El trabajo final desarrollado por distintos consultores y universidades fue presentado por ARA (Applied Research Associates) en el 2004 bajo el nombre de proyecto NCHRP 1-37A. Luego, AASHTO revisó la guía y software resultado del proyecto y lo adaptó para la publicación de la primera edición del manual práctico: Guía de diseño mecanístico-empírico de pavimentos (MEPDG) en julio de 2008. Posteriormente, en el año 2015 se publicó la segunda edición de la guía, en conjunto con el software AASHTOWare Pavement ME Design. Finalmente, en el año 2020 se publicó la tercera edición de la guía, complementada por un suplemento técnico publicado en el 2021 y un Fe de Errata del 2022. Así mismo, el software AASHTOWare es continuamente actualizado con la incorporación de mejoras en los modelos de deterioro.

2.2.2. Descripción de la metodología mecánica empírica.

La metodología mecánica-empírica del AASHTO, incorpora el enfoque mecánico al enfoque empírico para el análisis y diseño de pavimentos nuevos y rehabilitados.

La componente mecánica usa dos herramientas, análisis de elementos finitos (FEA) y teoría elástica multicapa (MLET). Estas conforman los modelos que calculan la respuesta estructural del pavimento (esfuerzos, deformaciones y deflexiones) y utiliza estas respuestas en modelos de desempeño para calcular el daño que se generará por efecto del clima y cargas de tráfico a través del tiempo.

Los modelos de desempeño, que predicen los deterioros de los pavimentos (fallas), son la componente empírica del método, porque están compuestos por funciones de transferencia con coeficientes calibrados para disminuir la dispersión entre los deterioros pronosticados y los medidos en diferentes estructuras de pavimentos.

Con esta metodología el diseñador puede evaluar el desempeño que tendrá la estructura durante un periodo de tiempo, al revisar los indicadores de desempeño reportados por el AASHTOWare Pavement ME Design que internamente ejecuta el procedimiento mecánico-empírico usando datos de tráfico, clima y propiedades de materiales.

2.2.3. Procedimiento general de diseño.

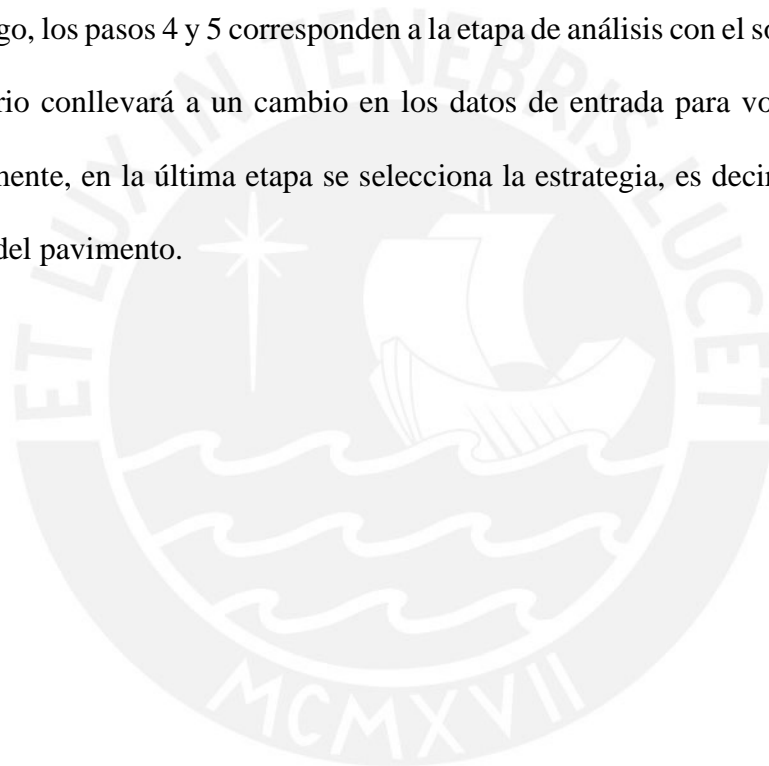
El procedimiento de diseño es iterativo, evalúa una estructura de prueba hasta que los resultados de desempeño cumplan con los criterios de diseño definidos por el proyectista. El MEPDG lista los siguientes pasos para el diseño de pavimentos:

1. Seleccionar una estrategia para el diseño de prueba: El proyectista debe determinar la sección transversal del diseño de prueba, puede utilizar cualquier estrategia (procedimiento) de diseño como el AASHTO 93 (AASHTO, 2020).

2. Seleccionar los criterios de diseño adecuados (valor umbral) para los indicadores y el nivel de confiabilidad de diseño del proyecto: Estos criterios, también llamados criterios de desempeño deben incluir el valor de los principales deterioros que son causantes de la rehabilitación del pavimento (AASHTO, 2020).
3. Obtener todos los datos de entrada para el diseño de prueba del pavimento: Los datos necesarios para ejecutar el software se pueden obtener utilizando uno de los tres niveles de esfuerzo según la importancia del proyecto y la importancia del dato de ingreso, y no todos los datos tienen que tener el mismo nivel (AASHTO, 2020).
Los datos de entrada se agrupan en seis amplios temas: información general del proyecto, criterios de diseño, tráfico, clima, estructura de las capas y propiedades de los materiales (AASHTO, 2020).
4. Ejecutar el software AASHTOWare Pavement ME Design y examinar los datos de entrada y salida con juicio ingenieril: El software obtiene los cambios en las propiedades de las capas, daño, deterioros principales y el índice internacional de rugosidad (IRI) durante la vida útil del diseño (AASHTO, 2020). Tiene los siguientes subpasos:
 - a) Examinar los datos de entrada para asegurarse que sean correctos.
 - b) Examinar los resultados que comprometen los procesos intermedios, como valores climáticos, indicadores de desempeño, etc.
 - c) Evaluar si el diseño ingresado cumple con los criterios de desempeño definidos, es decir, verificar que los indicadores de desempeño (fallas e IRI) sean los admisibles para la confiabilidad definida.
 - d) Si alguno de los criterios no ha sido cumplido, subsanar este resultado con la modificación de los materiales, el espesor y propiedades de las capas u otra característica del diseño.

5. Revisar el diseño de prueba, según sea necesario: Si el diseño de prueba tiene fallas en los datos de ingreso, anomalías en los resultados del material, o si se ha superado el criterio de falla para el nivel de confiabilidad especificado, revisar los datos de entrada del diseño de prueba y volver a ejecutar el software (AASHTO, 2020).

En la Figura 5, se muestra las etapas del procedimiento de análisis y diseño de pavimentos nuevos y rehabilitados con el método M-E del AASHTO. Los pasos 1, 2 y 3 se desarrollan en la etapa de evaluación, donde se define la estructura de prueba y los datos de entrada que utiliza el software. Luego, los pasos 4 y 5 corresponden a la etapa de análisis con el software de diseño, y de ser necesario conllevará a un cambio en los datos de entrada para volver a ejecutar el software. Finalmente, en la última etapa se selecciona la estrategia, es decir, se selecciona la estructura final del pavimento.



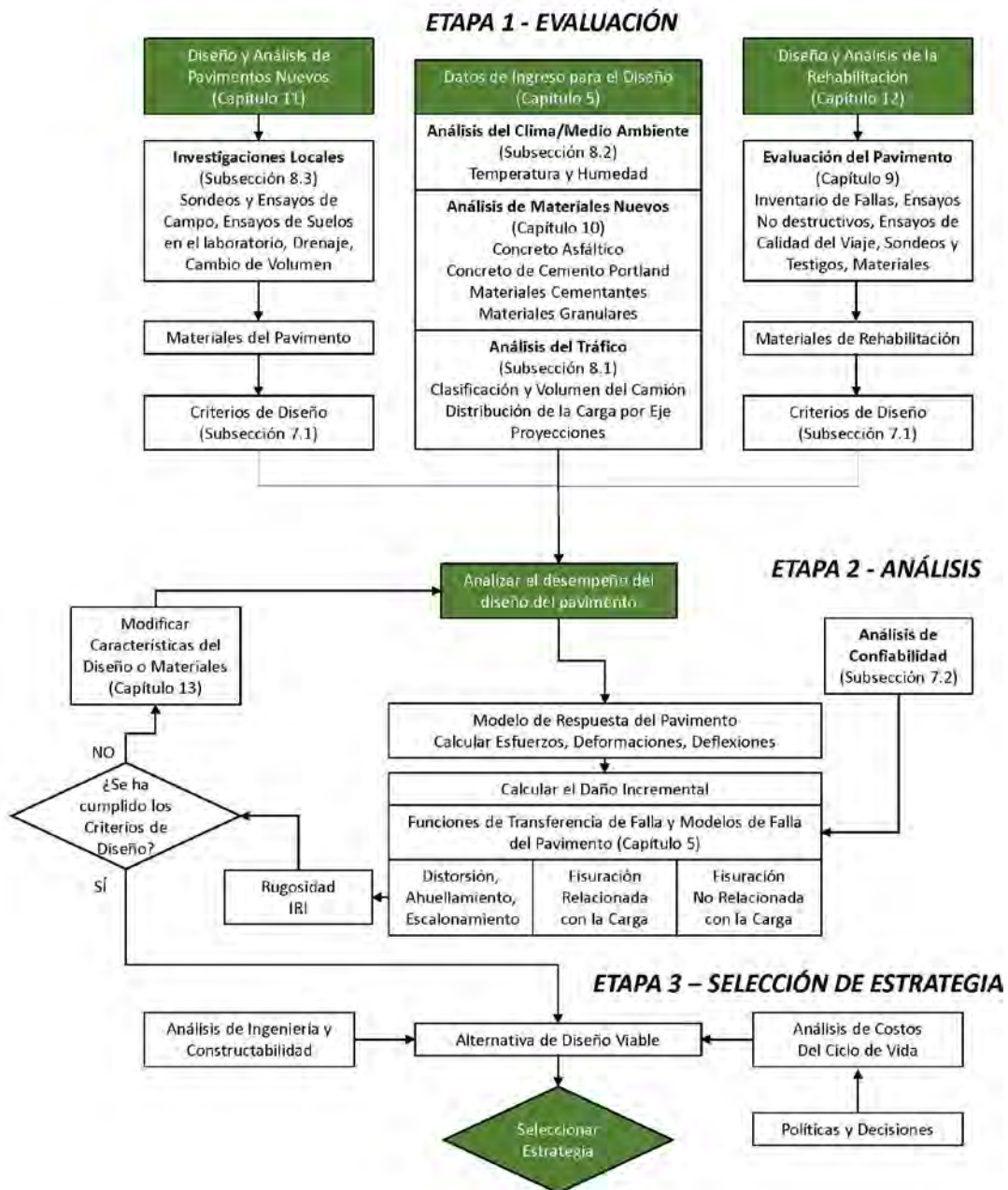


Figura 5. Diagrama de procedimiento de diseño de pavimentos nuevos y rehabilitados.

Tomado de "Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos", por AASHTO, 2020, p. 3.

2.2.4. Datos de entrada.

2.2.4.1. Tráfico.

Los parámetros de tráfico que utiliza el MEPDG se obtienen a partir del registro de pesaje en movimiento (WIM), de clasificación automatizada de vehículos (AVC) y de características de los tipos de ejes.

Los parámetros de entrada de tránsito de camiones que indica la guía son los siguientes:

- a. Datos de entrada específicos de la carretera
 - Tránsito promedio diario anual de camiones en vías de dos sentidos (AADTT)
 - Número de carriles en la dirección de diseño
 - Porcentaje de camiones en el carril de diseño
 - Porcentaje de camiones en la dirección de diseño
 - Velocidad de operación
 - Crecimiento del tránsito de camiones
- b. Datos de entrada extraídos de las estaciones de pesaje en movimiento
 - Distribuciones normalizadas de carga por eje
 - Distribución normalizada del volumen de camiones
 - Factores de distribución mensual
 - Factores de distribución por horario
 - Número de ejes por tipo de camión
- c. Datos de entrada del tránsito de camiones no incluido en los datos de las estaciones de pesaje:
 - Ancho promedio del eje
 - Separación entre neumáticos duales
 - Presión del neumático
 - Configuración de cargas por eje
 - Ubicación promedio del neumático
 - Ancho del carril
 - Zigzagueo lateral de las cargas por eje
 - Distancia entre ejes del camión

- Número de neumáticos, simples o duales

Los valores que por defecto incluye el software son los que corresponden a tipo de vehículos y ejes americanos, y fueron obtenidos del análisis de datos de cerca de 163 estaciones de pesaje WIM del programa LTPP de Estados Unidos.

2.2.4.2. Clima.

Los efectos climáticos son considerados en un modelo climático llamado Enhanced Integrated Climatic Model (EICM). El EICM es un programa unidimensional del flujo de humedad y calor que reproduce los cambios en el comportamiento y características del pavimento y materiales de subrasante según las condiciones climáticas durante el tiempo de vida útil (ARA, 2004c).

Los datos climáticos que requiere el software y que forman el EICM internamente son los siguientes:

- Temperatura (frecuencia horaria)
- Precipitación (frecuencia horaria)
- Velocidad del viento (frecuencia horaria)
- Humedad relativa (frecuencia horaria)
- Nubosidad (frecuencia horaria)

El software AASHTOWare Pavement ME Design incluye un gran número de estaciones meteorológicas de Estados Unidos y Canadá con los datos climáticos necesarios. Además, el software permite la generación de una estación meteorológica virtual en base al lugar donde se ubicará la carretera.

Estos datos climáticos tienen como fuente de información la data climática de los programas MERRA de la NASA y NARR del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos. Los

cuales están disponibles para descarga gratuita en extensión *.hcd compatible con el software. Los datos MERRA se pueden encontrar en la página web del programa de desempeño de pavimento a largo plazo del FHWA (LTPP infopave, por sus siglas en inglés), mientras que los datos NARR se pueden encontrar en la página web del software AASHTOWare Pavement ME Design.

2.2.4.3. Propiedades de los materiales.

El método M-E del AASHTO también se diferencia de otros métodos porque caracteriza de una manera más realista a los materiales del pavimento con propiedades que tienen protocolos de ensayo normados. El capítulo 10 del MEPDG contiene la lista de las propiedades que caracterizan los materiales del pavimento, además indica los protocolos de ensayo y otras fuentes para obtener su valor según el nivel de entrada que considere el diseñador (AASHTO, 2020).

Principales propiedades de materiales que requiere el MEPDG:

- Capas granulares y subrasante

Propiedades físicas: densidad seca, contenido de humedad y propiedades de clasificación.

Propiedades ingenieriles: Módulo de resiliencia.

- Concreto asfáltico (AC)

Propiedades volumétricas: Contenido de vacíos, contenido efectivo de cemento asfáltico por volumen de la mezcla, gradación del agregado mineral, coeficiente de contracción térmica, densidad de la mezcla y grado de desempeño del asfalto.

Propiedades ingenieriles: Módulo dinámico, cumplimiento de la fluencia (*creep compliance*), resistencia a la tracción indirecta, coeficientes de deformación plástica y coeficientes de resistencia a la fatiga.

- Concreto de cemento portland (PCC)

Módulo de elasticidad, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción indirecta (solo CRCP), coeficiente de expansión térmica, etc.

En la etapa de diseño es usual no tener todos los resultados de ensayos a materiales del pavimento, por lo cual estos datos de entrada son en su mayoría estimados en base a correlaciones o valores por defecto, los cuales se consideran datos de nivel de entrada 2 y 3, respectivamente, como se describe en el siguiente ítem.

2.2.5. Niveles Jerárquicos de los datos de entrada.

El método tiene tres niveles jerárquicos para categorizar los datos de entrada al software según el conocimiento que se tiene estos.

- Nivel de entrada 1: El parámetro de entrada se obtiene del mismo sitio del proyecto mediante ensayos realizados directamente en el lugar. Es el más exacto, pero suele ser más costoso (AASHTO, 2020, p. 33).
- Nivel de entrada 2: El parámetro de entrada se obtiene a partir de correlaciones o ecuaciones de regresión. Es decir, se puede obtener de los resultados de un ensayo menos costoso o que requiere menor esfuerzo (AASHTO, 2020, p. 33).
- Nivel de entrada 3: El parámetro de entrada es tomado de valores por defecto que incluye el software. Este nivel es para los parámetros que se tiene menor conocimiento para el proyecto específico (AASHTO, 2020, p. 33).

El MEPDG le da al diseñador varias alternativas para obtener los datos de ingreso, según la importancia del proyecto y los recursos disponibles. Los datos pueden ser de diferentes niveles, pues el procedimiento interno del software para calcular el deterioro del pavimento es el mismo, sin embargo, cada nivel de un parámetro influye en el error estándar de los modelos de deterioro.

El MEPDG contiene la Tabla 1, donde se indican los niveles de entrada de cada parámetro de entrada usados típicamente en los esfuerzos de recalibración en Estados Unidos. Aquí se muestra que para ciertos parámetros lo más recomendable es que sean de nivel 1, mientras que otros con valores conocidos y usuales para Estados Unidos pueden ser de nivel 3.

Tabla 1. Niveles de entrada utilizados típicamente en los modelos del software

Grupo de Entrada		Parámetros de Entrada	Nivel de Entrada usado para la Recalibración
Tráfico de Camiones		Distribución de cargas por eje (single, tandem, tridem)	Nivel 1
		Distribución de volumen de camión	Nivel 1
		Distribuciones del carril y la direccional del camión	Nivel 1
		Presión de los neumáticos	Nivel 3
		Configuración del eje, espaciamiento entre los neumáticos	Nivel 3
		Zigzagado del camión	Nivel 3
Clima		Temperatura, velocidad del viento, nubosidad, precipitación, humedad relativa	Estaciones Metereológicas de Nivel 1
Propiedades de los Materiales	Capas Granulares y Subrasante	Módulo resiliente-Todas las capas no tratadas	Nivel 1; Retrocálculo
		Clasificación y propiedades volúmetricas	Nivel 1
		Relaciones humedad-densidad	Nivel 1
		Relaciones respecto al suelo-agua	Nivel 3
		Conductividad hidráulica saturada	Nivel 3
	AC	Módulo dinámico de AC	Nivel 3
		Comportamiento de fluencia lenta y resistencia a la tracción indirecta del AC	Nivel 1, 2 y 3
		Propiedades volumétricas	Nivel 1
		Coefficiente de expansión térmica del AC	Nivel 3
	PCC	Módulo elástico del PCC	Nivel 1
		Resistencia a la flexión del PCC	Nivel 1
		Resistencia a la tracción indirecta del PCC (solo CRCP)	Nivel 2
		Coefficiente de expansión térmica del PCC	Nivel 1
Todos los Materiales		Peso específico	Nivel 1
		Coefficiente de Poisson	Nivel 1 y 3
		Otros propiedades térmicas: conductividad, capacidad calorífica, capacidad de absorción	Nivel 3
Pavimento existente		Estado de las capas existentes	Nivel 1 y 2

Nota. Tomado de “Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos”, por AASHTO, 2020, p. 41.

2.2.6. Modelos de respuesta estructural.

Los modelos de respuesta estructural son modelos mecánicos que utilizan principios de matemática e ingeniería para calcular esfuerzos, deflexiones y deformaciones unitarias en pavimentos rígidos y flexibles, debido a cargas de tráfico y factores climáticos (temperatura y humedad) (AASHTO, 2020).

Para pavimentos flexibles el método M-E del AASHTO usa el programa de análisis elástico de capas de Jacob Uzan (JULEA) para el análisis lineal elástico. Las capas del pavimento flexible son consideradas con un comportamiento lineal elástico para la teoría elástica multicapa, que acorde el reporte final del NCHRP 1-37A combina bien el análisis de características, rigor teórico, y velocidad computacional para el análisis lineal del pavimento (ARA, 2004c). Si bien el método también incluye un programa de elementos finitos para calcular la respuesta usando un análisis no lineal de capas, este es solo para fines de investigación.

Por otro lado, para pavimentos rígidos el método M-E del AASHTO usa el programa ISLAB2000, el cual hace un análisis de elementos finitos en dos dimensiones (AASHTO, 2020). El método también incorporó NNs (neural networks) que permiten realizar el cálculo incremental de daño de manera más eficiente.

2.2.7. Indicadores de desempeño.

En el método se consideran indicadores de desempeño estructural y un indicador de desempeño funcional, los primeros son deterioros o fallas estructurales y el segundo es el índice internacional de rugosidad (IRI, por sus siglas en inglés). Estos indicadores son calculados con modelos de desempeño bajo el enfoque de daño incremental.

Los modelos de desempeño o modelos de deterioro son ecuaciones de predicción de deterioro que tienen como entrada la respuesta crítica del pavimento para calcular los indicadores de desempeño de cada tipo de pavimento. Estas ecuaciones tienen factores de calibración globales

(coeficientes y exponentes), que han sido definidos en un gran proceso de calibración con datos de un gran número de secciones de pavimentos ubicadas en todo Estados Unidos. Esta calibración es un proceso empírico y consiste en definir los factores adecuados para que el resultado de las ecuaciones de predicción sea cercano a lo observado. En consecuencia, se reduce el error estándar que mide la dispersión de valores observados alrededor de los pronosticados.

El MEPDG permite cambiar los factores globales por defecto, a unos factores locales obtenidos de un proceso de calibración local. Para realizar este proceso se debe seguir lo indicado en la Guía para la Calibración Local del Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos (AASHTO, 2020).

El capítulo 5 del MEPDG contiene las relaciones matemáticas para predecir cada indicador de deterioro y su error estándar obtenido con los datos de la calibración global.

Para pavimentos flexibles el método M-E del AASHTO considera los siguientes indicadores de desempeño estructural:

- a. Fisuramiento tipo piel de cocodrilo (fisuramiento de abajo hacia arriba)

Tipo de fisuramiento por fatiga o relacionado a las cargas de los neumáticos. Se manifiestan inicialmente en la zona del neumático y se va extendiendo a lo ancho del carril. En el MEPDG se expresa como un porcentaje del área total de carril (AASHTO, 2020, p. 35).

- b. Fisuramiento Longitudinal (fisuramiento de arriba hacia abajo)

Tipo de fisuramiento por fatiga o relacionado a las cargas de los neumáticos. Se producen en la zona del neumático, aparecen como fisuras longitudinales cortas y se van uniendo longitudinalmente. Se expresa como el total lineal de pies por milla, incluyendo ambas huellas de neumáticos (AASHTO, 2020, p. 35).

c. Fisuramiento térmico transversal

Tipo de fisuramiento causado por bajas temperaturas o por el ciclo térmico. Se manifiesta en forma perpendicular a la línea del pavimento. Se expresa en pies por milla (AASHTO, 2020, p. 35).

d. Fisuramiento por reflejo

Se refiere a dos tipos de fisuramiento: fisuras transversales por reflejo y fisuras por fatiga por reflejo, la primera es causada por el reflejo de una junta transversal o por una grieta en el pavimento subyacente, mientras que la segunda es causada por carga del neumático como fisura de abajo hacia arriba o fisuras longitudinales incluidas por reflexión de fisuras existentes en la capa de pavimento subyacente. En el MEDPG se expresa en el porcentaje del área del carril (AASHTO, 2020, p. 35).

e. Ahuellamiento o profundidad de ahuellamiento

Consiste en una depresión superficial en la trayectoria del neumático que resulta de la deformación plástica o permanente en cada capa del pavimento. La profundidad del ahuellamiento representa la máxima diferencia vertical de la elevación desde la superficie del pavimento a un hilo tensado que atraviesa perpendicularmente el carril. En el MEDPG se expresa en pulgadas (AASHTO, 2020, p. 36).

Para pavimentos rígidos el método M-E del AASHTO considera los siguientes indicadores de desempeño estructural:

a. Escalonamiento promedio de juntas transversales

El escalonamiento de una junta transversal es la diferencia de elevación que se produce entre dos caras de una junta. Dado que el escalonamiento varía en cada junta, el MEDPG calcula el

escalonamiento promedio de todas las juntas transversales de una sección de pavimento. Es expresada en pulgadas (AASHTO, 2020, p. 36).

b. Fisuramiento transversal de abajo hacia arriba

Fisuramiento causado por fatiga, debido a la repetición de cargas pesadas. Ocurre cuando los ejes están cerca al borde longitudinal de la losa y genera esfuerzos de tracción por flexión en la parte inferior de la losa, esta tensión aumenta cuando hay un gradiente térmico positivo a través de la losa; esto causa la aparición de fisuras transversales que se propagan hasta la superficie. En el MEPDG se presenta junto con el fisuramiento transversal de arriba hacia abajo como el porcentaje de losa fisurada (AASHTO, 2020, p. 36).

c. Fisuramiento transversal de arriba hacia abajo

Fisuramiento causado por fatiga, debido a la repetición de cargas de vehículos pesados con separación entre sus ejes cuando el pavimento está expuesto a gradientes térmicos altamente negativos, se generan las fisuras en la parte superior de la losa. En el MEPDG se presenta junto con el fisuramiento transversal de abajo hacia arriba como el porcentaje de losa fisurada (AASHTO, 2020, p. 36).

d. Fisuración longitudinal de abajo hacia arriba

Tipo de fisura por fatiga que se genera a lo largo de la parte inferior de la junta transversal de la losa y que eventualmente se propaga a la superficie y a lo largo de la losa. En el MEPDG se presenta como un porcentaje del número total de losas (AASHTO, 2020, p. 37).

e. Punzonamiento en CRCP

Tipo de fisuramiento por fatiga considerado solo en los pavimentos de concreto continuamente reforzado. En el MEPDG se calcula con el número de punzonamientos por cada milla de carril (AASHTO, 2020, p. 37).

Además, ambos tipos de pavimentos tienen como indicador de desempeño funcional al índice internacional de rugosidad (IRI). Este indicador simboliza la regularidad en el perfil longitudinal del pavimento. En el método M-E del AASHTO, el IRI se obtiene en forma empírica como una función de los deterioros estructurales, para cada tipo de pavimento el modelo para calcular el IRI es distinto. El IRI se expresa en pulgadas por milla.

2.2.8. Criterios de desempeño.

Los criterios de desempeño o valores umbrales son valores que ingresa el diseñador y representa el valor máximo que puede tener cada indicador de desempeño para que el pavimento requiera un trabajo de rehabilitación mayor o reconstrucción (AASHTO, 2020, p. 87). En el procedimiento iterativo de diseño se busca una estructura de pavimento que durante el tiempo de vida útil tenga indicadores de desempeño con valores menores a su respectivo valor umbral. Estos valores umbrales de desempeño pueden ser definidos a partir de un análisis de las condiciones del pavimento en el tiempo y su impacto en la seguridad del usuario. El MEPDG incluye la Tabla 2 con los valores umbrales recomendados para cada criterio de desempeño según el tipo de carretera de Estados Unidos.

Tabla 2. Valores umbrales para cada indicador de desempeño recomendado en carreteras de Estados Unidos

Tipo de Pavimento	Indicador de Desempeño	Valor Umbral al final de la Vida Útil de Diseño
Pavimento y recapados de HMA	Fisuración en la mezcla asfáltica AC de abajo hacia arriba; fisuras longitudinales/tipo piel de	Interestatal: 10% del área del carril Primaria: 20% del área del carril Secundaria: 35% del área del carril
	Fisuración en la mezcla asfáltica AC de arriba hacia abajo; fisuras	Interestatal: 10% del área del carril Primaria: 20% del área del carril Secundaria: 35% del área del carril
	Profundidad total del ahuellamiento (deformación permanente en las huellas)	Interestatal: 0.40 pulgadas Primaria: 0.50 pulgadas Otros (<45 mph): 0.65 pulgadas
	Longitud de la fisura transversal (fisuras térmicas)	Interestatal: 500 pies/milla Primaria: 700 pies/milla Secundaria: 700 pies/milla
	IRI (regularidad superficial)	Interestatal: 160 pulgadas/milla Primaria: 200 pulgadas/milla Secundaria: 200 pulgadas/milla
JPCP nuevo, CPR y recapados	Escalonamiento promedio de la junta	Interestatal: 0.15 pulgadas Primaria: 0.20 pulgadas Secundaria: 0.25 pulgadas
	Porcentaje de fisuramiento transversal de la losa	Interestatal: 10% Primaria: 15% Secundaria: 20%
	IRI (regularidad superficial)	Interestatal: 160 pulgadas/milla Primaria: 200 pulgadas/milla Secundaria: 200 pulgadas/milla
Recapas de SJPCP de pavimentos	Porcentaje de fisuración longitudinal de la losa	Interestatal: 10% de losas Primaria: 15% de losas Secundaria: 20% de losas
CRCP nuevos y recapas	Punzonamiento	Interestatal: 10 Primaria: 15 Secundaria: 20
	IRI (regularidad superficial)	Interestatal: 160 pulgadas/milla Primaria: 200 pulgadas/milla Secundaria: 200 pulgadas/milla

Nota. Tomado de “Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos suplemento 2021”, por AASHTO, 2021, p. 13.

2.2.9. Confiabilidad.

La confiabilidad en el método M-E del AASHTO ha sido considerada como la probabilidad que el deterioro en el pavimento durante el periodo de diseño supere su valor umbral. El nivel de confiabilidad es definido por el diseñador para cada indicador de desempeño según la importancia de la vía. Es usual asignar un mayor nivel de confiabilidad a los deterioros más

críticos y difíciles de reparar. El MEPDG recomienda seleccionar un nivel de confiabilidad y valor umbral buscando un balance, pues si se tiene un alto nivel de confiabilidad y valor umbral bajo se obtendrá un pavimento muy costoso.

El MEPDG incluye la Tabla 3 con los valores de confiabilidad recomendados según el tipo de carretera de Estados Unidos, estos niveles son equilibrados con los valores umbrales de la Tabla 2.

Tabla 3. Niveles de confiabilidad mínimos recomendados en el MEPDG

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad	
	Urbano	Rural
Interestatal / Autopista	95	95
Arterias Principales	90	85
Colectores	80	75
Local	75	70

Nota. Tomado de “*Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos*”, por AASHTO, 2020, p. 91.

2.3. Caracterización del tráfico según el método M-E del AASHTO

Para caracterizar el tráfico en los métodos convencionales de diseño, como el AASHTO 93, se utiliza el número de repeticiones de ejes equivalentes durante un periodo de diseño (ESAL). Sin embargo, el método ME del AASHTO caracteriza el tráfico a través de espectros de carga por eje para cada tipo de eje y cada clase de camión, junto con otros parámetros que se describen en los siguientes ítems.

2.3.1. Niveles jerárquicos en datos de tráfico.

Como todos los datos de entrada, los datos de tráfico que requiere el método pueden ser de diferente nivel jerárquico, según la cantidad y calidad de información de tráfico disponible. Cada nivel se asocia a un pobre, modesto y buen conocimiento de las características del tráfico según lo siguiente:

- Nivel 1 – Buen conocimiento: Implica la recopilación y análisis del registro histórico de volumen de tráfico y datos de pesaje en el sitio del proyecto o cercano a este. Se

considera el más preciso porque utiliza pesos reales por eje y una distribución real del volumen de tráfico (ARA, 2004b, p. 4).

- Nivel 2 – Moderado conocimiento: Implica que el diseñador recopile suficiente información de volumen de tráfico en el sitio. Los datos de pesaje pueden ser tomados de registros regionales de pesaje (ARA, 2004b, p. 5).
- Nivel 3 – Pobre conocimiento: El diseñador tiene poca información de volumen de tráfico, por ejemplo, solo conoce el tráfico promedio diario anual (AADT) y el porcentaje de camiones. En este nivel se debe usar los parámetros nacionales o regionales disponibles (ARA, 2004b, p. 5).

2.3.2. Fuentes para la caracterización del tránsito.

El método ME del AASHTO considera cuatro fuentes para obtener los datos de tráfico:

- Pesaje en movimiento (WIM)

Los datos de pesaje en movimiento son un registro tabulado del tipo de vehículo, y de las características y peso de los ejes de cada uno, para un periodo de tiempo. La data de pesaje en movimiento se emplea para obtener los espectros de carga para cada tipo de eje y cada clase de camión.

- Clasificación automatizada de vehículos (AVC)

La clasificación automatizada de vehículos consiste en un registro automático, mediante sensores, del tipo de vehículo que pasa por un punto durante un periodo de tiempo. La data de clasificación se emplea para obtener la distribución normalizada por tipo de vehículo.

- Conteo vehicular

El conteo vehicular es un conteo manual de vehículos clasificados como: vehículos livianos, buses y camiones. El conteo puede ser continuo, estacional o de corta duración.

- Modelos de generación de viajes y pronóstico de tráfico

Método de registro de datos de tráfico útil en áreas urbanas, basado en estudios de retorno, estudios origen-destino y conteo de placas vehiculares.

2.3.3. Parámetros requeridos para la caracterización del tránsito de camiones.

2.3.3.1. Datos de entrada específicos de la carretera.

- Tránsito promedio diario anual inicial de camiones en vías de dos sentidos

El tránsito promedio diario anual inicial de camiones en vías de dos sentidos (AADTT), tiene un efecto significativo en los indicadores de desempeño del pavimento. Representa un promedio ponderado del tránsito de camiones entre los días laborales y los fines de semana. Se puede obtener de los datos de estaciones de pesaje en movimiento, de los contadores automáticos de vehículos o de conteos manuales de tránsito (AASHTO, 2020, p. 95).

- Número de carriles en la dirección de diseño

El número de carriles en la dirección de diseño se define en las especificaciones de diseño y simboliza el número total de carriles en una dirección (ARA, 2004b, p. 10).

- Porcentaje de camiones en el carril de diseño

El porcentaje de camiones en el carril de diseño o factor de distribución de carril (LDF), es el porcentaje del tránsito de camiones en el carril de diseño en relación con todo el tránsito de camiones en una dirección. Sin embargo, el valor ingresado al software es solo el porcentaje de la clase principal de camiones. Es decir, el LDF se calcula para todas las clases de camiones, pero se ingresa el que corresponde a la clase que utiliza la carretera con la mayor frecuencia (AASHTO, 2020, p. 95).

- Porcentaje de camiones en la dirección de diseño

El porcentaje de camiones en la dirección de diseño o factor de distribución direccional (DDF), es el porcentaje de camiones en la dirección de diseño en relación con todos los camiones que utilizan la carretera en ambas direcciones (AASHTO, 2020, p. 95). Este parámetro se puede obtener de datos de AVC o de conteo manual de vehículos. Cuando se tiene el AADTT en dos direcciones, es usual asumir un valor de 50 %, pero esto no es correcto en todos los casos.

- Velocidad de operación

La velocidad de operación de camiones depende de varios factores: tipo de vía, topografía, porcentaje de camiones, etc. (ARA, 2004b, p. 12). Tiene un impacto importante en el módulo dinámico del concreto asfáltico y, por ende, en su deterioro. Velocidades bajas resultan en valores más altos de daño incremental calculado por el software (AASHTO, 2020, p. 95). La velocidad por defecto es 60 mph (97 km/h), es el valor recomendado que fue utilizado en los esfuerzos de calibración, pero puede cambiar según las condiciones locales.

- Crecimiento del tránsito de camiones

El crecimiento del tránsito es difícil de calcular porque depende de muchos factores locales y socioeconómicos, que a su vez son muy complicados de pronosticar para un periodo de aproximadamente más de 20 años. El software permite ingresar diferentes tasas de crecimiento para cada clase de camión, pero se asume que esta tasa se mantiene durante todo el periodo de análisis. Además, el software permite ingresar los tres tipos de función de crecimiento indicados en la Tabla 4 (AASHTO, 2020, p. 95).

Tabla 4. Tipos de crecimiento del MEPDG

Tipo de crecimiento	Función
Sin crecimiento	$AADTT_X = 1.0 * AADTT_{AB}$
Crecimiento lineal	$AADTT_X = AADTT_{AB} * CR/100 * X + AADTT_{AB}$
Crecimiento compuesto (tasa%)	$AADTT_X = AADTT_{AB} * (1+CR/100)^X$

Nota. Tomado de “*Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final Report. NCHRP 1-37A Project, Part 2. Design Inputs. Chapter 4. Traffic*”, por ARA, Inc. Eres Consultant Division., 2004b, p. 21.

Donde:

$AADTT_X$ = Tránsito promedio diario anual en el año X

$AADTT_{AB}$ = Tránsito promedio diario anual en el año base

CR = Tasa de crecimiento del tránsito

X = Año X después de la construcción

2.3.3.2. Datos de entrada extraídos de las estaciones de pesaje en movimiento.

- Distribuciones normalizadas de carga por eje

La distribución normalizada de carga por eje es una distribución estadística de cargas por eje para un determinado tipo de eje (simple, tándem o tridem). Representa qué porcentaje de aplicaciones de eje están dentro de un rango específico de cargas por eje (AASHTO, 2020, p. 96). Para calcular este parámetro se requiere de una gran cantidad de datos de pesaje cuyo procesamiento debe ser externo al software. Se ingresa la distribución normalizada de cargas para cada tipo de eje, para cada clase de vehículo y para cada mes del año.

El software AASHTOWare incluye los cinco tipos de distribución normalizada de carga por eje mostrados en la Tabla 5, los cuales han sido obtenidos del monitoreo de las cargas de vehículos pesados que circulan en Estados Unidos, estos son considerados datos de nivel 3.

Tabla 5. Distribuciones normalizadas de carga por eje incluidas por defecto en el software AASHTOWare

Clasificación de carga por eje	Descripción de la distribución normalizada de la carga por eje	Uso recomendado para:
NCHRP 1-37A	Valor predeterminado de NALS desarrollado bajo NCHRP 1-37A que incluye porcentajes más altos de camiones sobrecargados	Carreteras con mayor porcentaje de camiones sobrecargados
Pesado	Rutas de carga o carreteras interestatales rurales y urbanos con un AADTT mayor a 2000 en ambas direcciones. Este NALS de carga pesada es representativo de las carreteras en las que una gran mayoría de los ejes tándem están muy cargados. Se encuentran comunmente e carreteras rurales que dan servicio a importantes movimientos de camiones de larga distancia	Carreteras rurales que atienden importantes movimientos de camiones de larga distancia
Típico	Rutas que no son de carga, o rutas urbanas y rurales con un AADTT mayor a 1000 en ambas direcciones (principal y rutas no interestatales). Este NALS tiene más ejes cargados (30000-34000 lb) que ejes sin carga (12000-16000 lb). Esta es una distribución equilibrada con porcentajes totales similares de cargas ligeras y pesadas. En esta NALS, el 55 por ciento de los ejes transportan cargas superiores a 20000 lb.	Carreteras que atienden una combinación de movimientos de camiones urbanos y de larga distancia
Ligero	Rutas que no son de carga, o rutas urbanas y rurales con un AADTT menor a 1000 en ambas direcciones (arteriales menores, colectoras y rutas estatales). Este NALS tiene ejes tándem con cargas más livianas (ejes entre 12000-16000 lb) que los ejes con carga pesada (30000-34000 lb). En esta NALS, el 40 por ciento de los ejes llevan cargas superiores a 20000 lb.	Carreteras rurales y urbanas y otros caminos donde el 70 por ciento o más de los camiones no están completamente cargados
Global	Esta NALS es muy similar a la clasificación "Típica" y representa la NALS promedio para muchos sitios LTPP WIM.	ver la clasificación típica

Nota. Tomado de "Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos", por AASHTO, 2020, p. 97.

- Distribución normalizada del volumen de camiones

La distribución normalizada promedio del volumen de camiones representa el porcentaje de cada clase de camión dentro del AADTT del año base (ARA, 2004b, p. 16). Este parámetro es obtenido de datos AVC, WIM o de conteo manual. El método considera la clasificación de vehículos de la FHWA, que como muestra en la Figura 6 tiene 13 clases de vehículos, de las cuales el método solo considera a los vehículos entre las clases 3 y 13.









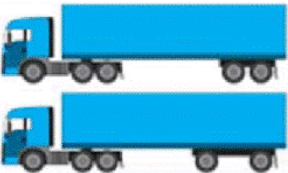
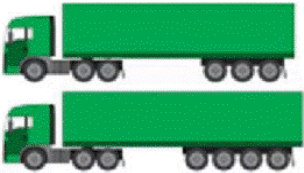


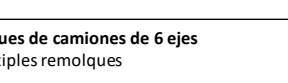



Clasificación de vehículos FHWA			
1. Motocicleta 2 ejes, 2 o 3 llantas 	2. Carros pasajeros 2 ejes, pueden tener 1 o 2 ejes remolques 	3. Camionetas, furgonetas, paneles 2 ejes y 4 ruedas unidades individuales pueden tener 1 o 2 ejes remolques 	4. Buses 2 o 3 ejes, longitud total 
5. Una sola unidad de camiones de 2 ejes 2 ejes, 6 llantas (neumáticos traseros doble), una sola unidad 	6. Una sola unidad de camiones de 3 ejes 3 ejes, una sola unidad 	7. Una sola unidad de camiones de 4 o más ejes 4 o más ejes, una sola unidad 	8. Remolque único de camión de 3 o 4 ejes 3 o 4 ejes, un solo remolque 
9. Remolque único de camión de 5 ejes 5 ejes, un solo remolque 	10. Remolque único de camión de 6 o más ejes 6 o más ejes, un solo remolque 	  	
11. Múltiples remolques de camiones de 5 o menos ejes 5 o menos ejes, múltiples remolques 	12. Múltiples remolques de camiones de 6 ejes 6 ejes, múltiples remolques 		
13. Múltiples remolques de camiones de 7 o más ejes 7 o más ejes, múltiples remolques 			

Figura 6. Clasificación de vehículos de la FHWA

Adaptado de “Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final Report. NCHRP 1-37A Project, Part 2. Design Inputs. Chapter 4. Traffic”, por ARA, Inc. Eres Consultant Division., 2004b, p. 16.

El MEPDG contiene la Tabla 6 que indica la distribución normalizada por defecto de volumen de camiones según el grupo TTC que corresponde a la carretera. Estos valores fueron obtenidos a partir de las estaciones del programa LTPP de Estados Unidos. Además, el manual contiene la Tabla 7 con la definición de los grupos de clasificación de tránsito TTC que incluye el software, esta clasificación de tipo de carretera permite definir los espectros de carga normalizados y la distribución normalizada del volumen a partir de datos de conteo. Estos parámetros son los que incluye por defecto el software y fueron determinados del análisis de datos del programa LTPP de Estados Unidos (AASHTO, 2020, p. 99).

Tabla 6. Grupo TTC y valores por defecto de distribución de las clases de camiones incluidos en el software.

Descripción y Grupo TTC		Distribución de las Clases de Camiones (%)									
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Ruta principal de camiones con remolque simple (tipo I)	1.3	8.5	2.8	0.3	7.6	74.0	1.2	3.4	0.6	0.3
2	Ruta principal de camiones con remolque simple (tipo II)	2.4	14.1	4.5	0.7	7.9	66.3	1.4	2.2	0.3	0.2
3	Ruta principal de camiones con remolque simple (tipo I)	0.9	11.6	3.6	0.2	6.7	62.0	4.8	2.6	1.4	6.2
4	Ruta principal de camiones con remolque simple (tipo III)	2.4	22.7	5.7	1.4	8.1	55.5	1.7	2.2	0.2	0.4
5	Ruta principal de camiones con remolques simples o múltiples (tipo II)	0.9	14.2	3.5	0.6	6.9	54.0	5.0	2.7	1.2	11.0
6	Ruta intermedia de camiones con remolque simple y liviano (tipo I)	2.8	31.0	7.3	0.8	9.3	44.8	2.3	1.0	0.4	0.3
7	Ruta principal de camiones mezclados (tipo I)	1.0	23.8	4.2	0.5	10.2	42.2	5.8	2.6	1.3	8.4
8	Ruta principal de camiones con remolques múltiples (tipo I)	1.7	19.3	4.6	0.9	6.7	44.8	6.0	2.6	1.6	11.8
9	Ruta intermedia de camiones con remolque simple y liviano (tipo II)	3.3	34.0	11.7	1.6	9.9	36.2	1.0	1.8	0.2	0.3
10	Ruta principal de camiones mezclados (tipo II)	0.8	30.8	6.9	0.1	7.8	37.5	3.7	1.2	4.5	6.7
11	Ruta principal de camiones con remolques múltiples (tipo II)	1.8	24.6	7.6	0.5	5.0	31.3	9.8	0.8	3.3	15.3
12	Ruta intermedia de camiones con remolque simple y liviano (tipo III)	3.9	40.8	11.7	1.5	12.2	25.0	2.7	0.6	0.3	1.3
13	Ruta principal de camiones mezclados (tipo III)	0.8	33.6	6.2	0.1	7.9	26.0	10.5	1.4	3.2	10.3
14	Ruta principal de camiones livianos (tipo I)	2.9	56.9	10.4	3.7	9.2	15.3	0.6	0.3	0.4	0.3
15	Ruta principal de camiones livianos (tipo II)	1.8	56.5	8.5	1.8	6.2	14.1	5.4	0.0	0.0	5.7
16	Ruta principal de camiones con remolques múltiples livianos	1.3	48.4	10.8	1.9	6.7	13.4	4.3	0.5	0.1	12.6
17	Ruta principal de autobuses	36.2	14.6	13.4	0.5	14.6	17.8	0.5	0.8	0.1	1.5

Nota. Tomado de “Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos”, por AASHTO, 2020, p. 100.

Tabla 7. Descripción y definición de los grupos TTC

Buses en el flujo de tránsito	Productos siendo transportados por el tipo de camión		Grupo TTC N°
	Camión con múltiples remolques	Camiones con remolque simple y unidad simple	
Bajo a ninguno (<2%)	Cantidad relativamente alta de camiones con remolque múltiple (>10%)	Predominantemente camiones con remolque simple	5
		Alto porcentaje de camiones con remolque simple, pero pocos camiones de unidad simple	8
		Tránsito de camiones mezclados con un porcentaje mayor de camiones con remolque simple	11
		Tránsito de camiones mezclados con porcentajes iguales de camiones de unidad simple y remolque simple	13
		Predominantemente camiones con unidad simple	16
	Cantidad moderada de camiones con remolque múltiple (2 a 10%)	Predominantemente camiones con unidad simple	3
		Tránsito de camiones mezclados con un porcentaje mayor de camiones con remolque simple	7
		Tránsito de camiones mezclados con porcentajes iguales de camiones de unidad simple y remolque simple	10
		Predominantemente camiones con unidad simple	15
	Bajo a moderado (>2%)	Bajo a ninguno (<2%)	Predominantemente camiones con unidad simple
Predominantemente camiones de remolque simple, pero con un bajo porcentaje de camiones de unidad simple			2
Predominantemente camiones de remolque simple con una baja a moderada cantidad de camiones de unidad simple			4
Tránsito de camiones mezclado con un porcentaje mayor de camiones con remolque simple			6
Tránsito de camiones mezclado con porcentajes iguales de camiones de unidad simple y remolque simple			9
Tránsito de camiones mezclados con un porcentaje mayor de camiones con unidad simple			12
Predominantemente camiones con unidad simple			14
Ruta principal de buses (>25%)	Bajo a ninguno (<2%)	Tránsito de camiones mezclado con porcentajes iguales de camiones de unidad simple y remolque simple	17

Nota. Tomado de “Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos”, por AASHTO, 2020, p. 101.

- Factores de distribución mensual

Los factores de distribución mensual (MAF) se utilizan para distribuir el tránsito de los camiones de cada clase durante todo el año. Los MAF por defecto toman el valor de 1.0 para todas las clases de vehículos, porque de los datos del LTPP se obtuvo que no hay cambios estacionales significativos; si no se cuenta con información se debe considerar estos valores usados en los esfuerzos de calibración. En la realidad el MAF puede cambiar con el paso de los años, sin embargo, es considerado constante para cada mes del periodo de análisis (AASHTO, 2020, p. 99).

- Factores de distribución por horario

Los factores de distribución por horario (HDF) se utilizan para distribuir el tránsito total de camiones durante un día típico. Los valores promedio por defecto fueron determinados a partir de los datos del programa LTPP de Estados Unidos. Estos factores solo son necesarios para el diseño de pavimentos rígidos, donde el volumen de tránsito se ajusta para cada hora en función al gradiente de temperatura de la losa PCC. Mientras tanto, el análisis por temperatura en pavimento flexibles se basa en frecuencia mensual (AASHTO, 2020, p. 99).

- Número de ejes por tipo de camión

Este parámetro representa el número promedio de ejes para cada clase de vehículo y tipo de eje. Los tipos de ejes que tiene el software son cuatro: single, tandem, tridem y quad; pero este último no se usa (ARA, 2004b, p. 29).

2.3.3.3. Datos de entrada del tránsito de camiones no incluidos en los datos de estaciones de pesaje.

- Ancho promedio del eje

El ancho promedio del eje es la distancia entre los bordes exteriores del eje. Este valor se obtiene de la industria de manufactura de camiones o de mediciones directas en campo. El valor por defecto es 8.5 pies (2.59 m.) (ARA, 2004b, p. 29).

- Separación entre neumáticos duales

El método considera que todos los ejes contienen neumáticos duales. La separación entre neumáticos duales representa a la mayoría de los camiones que utiliza la autopista y deben ser tomador de los estándares de la industria de camiones. El valor por defecto es 12 pulgadas (305 mm.). El software permite considerar ejes con neumáticos puramente simples, esto se hace colocando una separación de 60 pulgadas (1.5 m.) para la cual la influencia de uno de los neumáticos duales se hace insignificante en la otra (AASHTO, 2020, p. 102).

- Presión del neumático

El software asume una presión constante de neumáticos para todas las condiciones de carga que representan la condición de funcionamiento (presión de inflado en caliente) para calcular todas las fallas del pavimento, excepto en las fisuras de arriba hacia abajo que se emplea 40 psi para neumáticos simples. El valor recomendado es 120 psi, este fue considerado en todos los esfuerzos de calibración y solo debe ser cambiado si hay estudios locales de presión de inflado (AASHTO, 2021, p. 17).

- Configuración de cargas por eje

La configuración de cargas por eje o separación entre ejes es la distancia entre dos ejes consecutivos de un tándem, trídem o quad. Se ha observado que estos valores son relativamente constantes para las clases de camión estándar. Los valores sugeridos que tiene el software por defecto son los siguientes:

- Separación en eje tándem: 51.6 pulgadas (1.31 m.)

- Separación en eje tridem: 49.2 pulgadas (1.25 m.)
- Separación en eje quad: 49.2 pulgadas (1.25 m.)
- Ubicación promedio del neumático

La ubicación promedio del neumático es la distancia promedio entre el borde exterior del neumático y el borde del pavimento. El valor por defecto que asume el software es 18 pulgadas (460 mm.), se puede considerar otro valor luego de realizar mediciones en campo (ARA, 2004b, p. 27).

- Ancho del carril

Este parámetro se refiere al ancho real del carril de diseño, es la distancia entre las marcas longitudinales a cada lado del carril. El valor por defecto recomendado es 12 pies (3.7 m.) (ARA, 2004b, p. 28).

- Zigzagueo lateral de las cargas por eje

El zigzagueo lateral es la desviación estándar de la distancia entre el eje y el borde del pavimento. El valor por defecto que asume el software es 10 pulgadas, valor utilizado para todos los esfuerzos de calibración, independientemente del ancho del carril. Para ancho de carril menor a 10 pies se recomienda considerar un valor de 8 pulgadas, y para ancho de carril mayor a 12 pies se recomienda considerar un valor de 12 pulgadas. Se puede considerar otro valor luego de realizar mediciones en campo (AASHTO, 2020, p. 102).

- Distancia entre ejes del camión

La distancia entre ejes de un camión tractor es aquella entre el eje directriz del frente y el siguiente eje. Para este parámetro se ha dividido los camiones tractores según su longitud: cortos, medianos y largos; los valores por defecto son 12 pies (3.66 m.), 15 pies (4.57 m.) y 18 pies (5.49 m.), respectivamente. Además, el software requiere indicar el porcentaje de

camiones que entran en estas categorías, los valores sugeridos por la guía son los promedios nacionales para Estados Unidos: 17 % cortos, 22 % medianos y 61 % largos (AASHTO, 2020, p. 102).

- Número de neumáticos, sencillos o duales

El método considera que todos los neumáticos son duales y no simples (o sencillos), pero para el modelo de fisuración de arriba hacia abajo se requiere hacer la diferencia, la cual ha sido incorporada formando grupos de neumáticos de ejes simples y duales que son considerados para cada clase de camiones (AASHTO, 2021, p. 16).

2.3.4. Condiciones del plan de muestreo.

Como se indicó antes, las principales fuentes de información de tráfico son las estaciones de pesaje y las estaciones de clasificación automatizada de vehículos. Si no existen estaciones cercanas al proyecto, el diseñador puede solicitar la instalación de dispositivos portátiles WIM para recoger los datos de tráfico. Los cuales siempre deben ser recopilados con equipos calibrados según lo establece el programa LTPP (ARA, 2004b, p. 33).

La guía contiene la Tabla 8 y Tabla 9 que recomiendan el número mínimo de días que se deben recoger datos de tráfico, para calcular la distribución normalizada de carga por eje y la distribución normalizada de volumen de camiones. El número de días se basa en el análisis de datos del programa LTPP, y dependen del nivel de confianza y el error estándar que defina el diseñador.

Tabla 8. Tamaño mínimo de muestra (número de días por año) para estimar la distribución normalizada de carga por eje mediante datos WIM

Error estándar (±%)	Nivel de confianza o relevancia (%)				
	80	90	95	97.5	99
20	1	1	1	1	1
10	1	1	2	2	3
5	2	3	5	7	10
2	8	19	30	43	61
1	32	74	122	172	242

Nota. Tomado de “Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos”, por AASHTO, 2020, p. 94.

El MEPDG asume que los espectros de carga normalizados son constantes año a año, por lo que el tamaño de muestra sugerido de datos WIM es un año. A menos que estudios previos indiquen cambios significativos en el tiempo de la distribución de carga por eje (ARA, 2004b, p. 34).

Tabla 9. Tamaño mínimo de muestra (número de días por estación) para estimar la distribución normalizada de volumen de camiones mediante datos AVC

Error estándar (±%)	Nivel de confianza o relevancia (%)				
	80	90	95	97.5	99
20	1	1	1	2	2
10	1	2	3	5	6
5	3	8	12	17	24
2	20	45	74	105	148
1	78	180	295	Nota 1	Nota 1

Nota. Tomado de “Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos”, por AASHTO, 2020, p. 94.

- Nota
1. Se requiere un muestreo continuo para estas condiciones.
 2. Si se requiere diferenciar el volumen de camiones en un día de semana y un día de fin de semana, el número de días por estación debe estar compuesto tanto por días laborables como por fines de semana.
 3. En esta tabla, una estación se basa en los cambios de los patrones de para determinar la distribución normalizada del volumen de los camiones al nivel de confianza y del error estándar especificado.

Para el cálculo de la distribución de volumen de camiones, si es posible, el tamaño de muestra debe ser de tres años, para reducir datos anormales que se pueden presentar (ARA, 2004b, p. 34).

CAPÍTULO 3. SISTEMA DE PESAJE Y CONTEO DE VEHÍCULOS PESADOS EN EL PERÚ

3.1. Pesaje en movimiento – WIM

El pesaje en movimiento se define como el proceso de estimación del peso bruto de un vehículo en movimiento y la parte de ese peso que carga cada neumático, eje, grupo de ejes o combinación de estos, mediante la medición y análisis de las fuerzas dinámicas de los neumáticos del vehículo (ASTM, 2017). La norma ASTM E1318-09 de Sistemas de Pesaje en Movimiento en Carreteras, Requisitos de Uso y Métodos de Calibración, es la norma estadounidense que indica la clasificación, requisitos de desempeño y método de calibración de los sistemas de pesaje en movimiento.

Existen varias tecnologías de pesaje dinámico o pesaje en movimiento para obtener información de la configuración vehicular y del peso de cada vehículo. La norma ASTM E1318-09 clasifica a los sistemas WIM en cuatro tipos, de acuerdo con su función y requisitos de funcionamiento (velocidad de vehículos para operar adecuadamente); la Tabla 10 muestra un resumen de los tipos de sistemas WIM.

Tabla 10. Tipos de sistemas WIM

Sistema WIM tipo 1 y tipo 2	Recomendable para la recolección completa de información de tráfico. El tipo 1 brinda resultados más precisos. Registra correctamente vehículos con velocidad de 16 a 130 km/h.
Sistema WIM tipo 3	Recomendable para identificar vehículos con exceso de carga vehicular. Registra correctamente vehículos con velocidad de 16 a 130 km/h.
Sistema WIM tipo 4	No aprobado para usar en EE.UU. Diseñado para estaciones de control de peso. Registra correctamente vehículos con velocidad de 3 a 16 km/h.

Nota. Adaptado de “Weigh-in-Motion Pocket Guide: Part 1 WIM Technology, Data Acquisition, and Procurement Guide”, por FHWA (Estados Unidos), 2018, p. 15.

Además, cada tipo de sistema WIM se diferencia por su capacidad de generar automáticamente información del tránsito de vehículos. En la Tabla 11 se muestra la data que debe obtener cada sistema para cada vehículo que se registra, según la norma ASTM E1318-09.

Tabla 11. Datos que produce cada sistema WIM.

Datos que puede generar	Sistema WIM tipo 1 y 2	Sistema WIM tipo 3	Sistema WIM tipo 4
Carga de la rueda	X	X	X
Carga por eje	X	X	X
Carga por grupo de ejes	X	X	X
Peso bruto del vehículo	X	X	X
Velocidad	X	X	X
Espacio entre ejes	X	X	X
Clase del vehículo	X		
Código de identificación del sitio	X	X	X
Carril y dirección del viaje	X	X	
Fecha y hora de paso	X	X	X
Número de registro secuencial	X	X	X
Distancia entre ejes	X		
Ejes equivalentes ESAL	X		
Código de infracción	X	X	X

Nota. Adaptado de “Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods (E 1318-09)”, por ASTM, 2017.

Los parámetros de tráfico de la Tabla 11, que indica la norma ASTM E1318-09, son también los indicados en el ítem 2.3.3.2 que según el MEPDG se obtienen directamente del pesaje en movimiento. En Estados Unidos se utiliza sistemas WIM tipo 1 y 2, y se sigue la “Guía para el Procesamiento y la Recolección de Datos de Tráfico LTPP” para obtener directamente los datos de tráfico de la Tabla 11. Por otro lado, en el Perú los sistemas WIM que se utilizan son tipo 3 y 4, y tienen objetivos diferentes que se describen más adelante.

La norma también indica las condiciones del lugar donde se debe ubicar el sistema WIM y los requisitos de desempeño funcional para cada sistema, donde el 95 % de los datos que se generan deben estar dentro de la tolerancia. En el Perú, el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es la institución encargada de realizar la calibración de las balanzas de pesaje, según indica la norma ASTM E1318-09.

3.2. Sistema de pesaje vehicular en red vial peruana

El sistema de pesaje vehicular en la red vial nacional está conformado por 36 estaciones de pesaje móviles y fijas, las cuales “son los puntos de control y verificación en carretera donde se inspecciona el peso y medidas de vehículos pesados, como camiones, autobuses, grúas, vehículos especiales y vehículos comerciales” (SUTRAN, s.f.). La normativa de pesos y medidas vehiculares está establecida en el Reglamento Nacional de Vehículos (RNV) y sus modificaciones.

En Perú es función de la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN), supervisar, fiscalizar, controlar y emitir normas complementarias referente al control de pesos y medidas vehiculares que establece el RNV. Como se muestra en la Figura 7, algunas estaciones de pesaje son administradas completamente por SUTRAN, pero la mayoría son administradas por empresas concesionarias de la red vial. Las concesionarias, por contrato suscrito con el MTC, se encargan de realizar el control de pesos y medidas vehiculares en estaciones de pesaje. El control se realiza acorde al procedimiento aprobado por SUTRAN en el 2014: “Proceso de Verificación de Pesos y Medidas Vehiculares Expedida por el Concesionario”, según el cual el concesionario identifica a los vehículos que infringen lo establecido en el RNV e informan a SUTRAN para que la entidad siga con el proceso sancionador.



Figura 7. Estaciones de pesaje operativas 2022

Tomado de “Plan anual de prevención, fiscalización, seguimiento y evaluación de la Sutran 2022”, por SUTRAN, 2022, p. 16.

3.3. Reglamento nacional de vehículos

El Reglamento Nacional de Vehículos (RNV) fue aprobado por el Decreto Supremo N°058-2003-MTC; este contiene “los requisitos y características técnicas que deben cumplir los vehículos para que ingresen, se registren, transiten, operen y retiren del sistema nacional de transporte terrestre” (MTC, 2003). Además, el Título V de pesos y medidas vehiculares contiene los pesos y medidas vehiculares máximos para operar en la red vial, y las infracciones y sanciones que derivan de su incumplimiento.

Desde su aprobación en el año 2003, el RNV ha tenido gran cantidad de modificaciones en sus artículos y anexos. Referente al control de peso y medidas de vehículos pesados, solo se fiscaliza y sanciona el peso bruto vehicular (PBV), más no el peso por eje o conjunto de ejes. Si bien el RNV indica los pesos máximos por eje y las infracciones que derivan de su incumplimiento, estas se encuentran suspendidas de aplicación.

Mediante el Decreto Supremo N°025-2016-MTC, se destacó que el control de peso por eje o conjunto de ejes es el idóneo para preservar las carreteras nacionales evitando el deterioro prematuro por exceso de peso, mientras el control de peso bruto vehicular es complementario a este. Por lo cual, el decreto indicó que luego del periodo educativo de control de peso por eje durante el año 2016, desde mayo del 2017 a enero del 2018 se daba inicio progresivo a la aplicación de sanciones por exceso de peso por eje según indica el anexo IV del RNV; este control se realizaría en los sistemas de pesaje con certificado de calibración emitido por INACAL, y cuya lista es publicada y actualizada por SUTRAN en su página web.

Sin embargo, en el Decreto Supremo N°015-2017-MTC se postergó el inicio de aplicación de todas las sanciones por exceso de peso por eje a enero del 2018. Así mismo, este documento en su artículo 4 decreta elaborar estudios técnicos sobre límites máximos permisibles de los pesos vehiculares, aplicación del control de peso de ejes o conjuntos de ejes y tolerancias del pesaje dinámico establecidas en el RNV. Posteriormente, en el Decreto Supremo N°025-2017-MTC se postergó indefinidamente la aplicación de todas las sanciones por exceso de peso por eje hasta que se completen los estudios sobre la aplicación de control de peso por eje. A la fecha no se tiene publicación oficial de dichos estudios y el control de peso que se realiza es solo basado en el PBV que establece el RNV y sus modificaciones.

La institución que reglamenta y supervisa el control de peso vehicular, SUTRAN, recolecta la información de vehículos que incumplen con el RNV, más no los registros completos de pesaje

y conteo vehicular de todos los vehículos que pasan por las estaciones de pesaje. Además, todo el control es en base a los límites, tolerancias y bonificaciones que establece el RNV desde el año 2003, donde el control de peso por eje se encuentra suspendido por falta de estudios técnicos que verifiquen si estos valores son correctos o no.

3.3.1. Tipo de vehículos.

El numeral 1 del anexo IV del RNV, contiene la tabla de pesos y medidas máximas permitidas. En la cual se indican los valores de: longitud máxima, peso máximo para ejes delanteros, peso máximo para cada conjunto de ejes posteriores y peso bruto máximo, para cada tipo de vehículo.

Cada uno de los 50 tipos de vehículos del anexo IV del RNV tiene una configuración vehicular única; es decir, todos se diferencian por la cantidad y tipo de ejes. Hasta el año 2018, el RNV contaba con 40 configuraciones vehiculares, que tenían como máximo 8 ejes, sin embargo, en diciembre del 2018 se agregaron 10 nuevas configuraciones, la mayoría de los cuales tiene más de 8 ejes. En el Decreto Supremo N°019-2018-MTC, que decreta la incorporación de las nuevas configuraciones, se menciona que es necesario agregarlas para que no se genere incertidumbre en el control y autorización de vehículos pesados con gran cantidad de ejes.

3.3.2. Pesos máximos permitidos.

El peso bruto vehicular máximo permitido es de 48 toneladas, pero según la tabla de pesos y medidas, para algunos vehículos este valor es menor. Por otro lado, el numeral 2 del anexo IV del RNV contiene la Figura 8 con el peso máximo por eje y conjunto de ejes permitido para los vehículos.





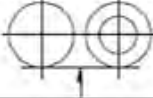
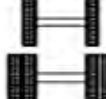
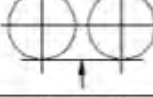

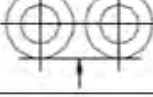
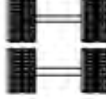
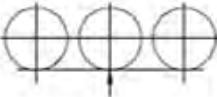
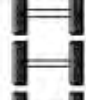
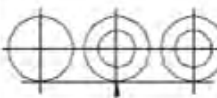

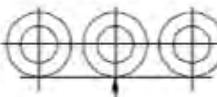

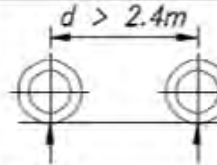
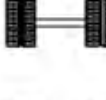
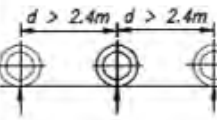
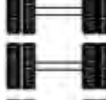
Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	Simbología	Nº de Neumáticos	GRAFICO	Peso máximo por eje(s) (t)
Simple	1RS		02		7
Simple	1RD		04		11
Doble	1RS+1RD		06		16
Doble	2RS		04		12
Doble	2RD		08		18
Triple	3RS		06		16
Triple	1RS+2RD		10		23
Triple	3RD		12		25
Doble Separado	1RD+1RD		08		11+11
Triple Separado	1RD+1RD+1RD		12		11+11+11

Figura 8. Peso máximo por eje y conjunto de ejes.

Tomado de “Reglamento Nacional de Vehículos”, por MTC, 2003, p. 119.

Además, el RNV indica que “los vehículos cuyos límites de peso bruto vehicular y/o pesos por eje señalados por el fabricante sean menores a los establecidos en el reglamento, no deben exceder dichos límites” (MTC, 2003).

3.3.3. Tolerancia del pesaje dinámico.

El RNV establece una tolerancia en el PBV y/o pesos por eje, solo para pesaje dinámico en estaciones de pesaje. La tolerancia del PBV es 3 %, y del peso por eje o conjunto de ejes es 5 % de acuerdo con la Tabla 12 indicada en el numeral 3 del anexo IV del RNV.

Tabla 12. Tolerancia del pesaje dinámico.

Eje(s)	Neumáticos	Peso máximo permitido (kg)	Tolerancia (kg)
Simple	2	7,000	350
Simple	4	11,000	550
Doble	4	12,000	600
Doble	6	16,000	800
Doble	8	18,000	900
Triple	6	16,000	800
Triple	10	23,000	1150
Triple	12	25,000	1250

Tomado de “Reglamento Nacional de Vehículos”, por MTC, 2003, p. 120.

3.3.4. Suspensiones neumáticas y neumáticos extra anchos.

El RNV establece que los vehículos con suspensión neumática y/o neumáticos extra anchos tienen una bonificación de hasta 10 % en el peso máximo por eje, y hasta 5 % en el PBV máximo. Para ello, el vehículo debe obtener el permiso de bonificación que emite Provias Nacional.

3.4. Proceso de verificación de pesos y medidas vehiculares

El proceso de verificación de pesos y medidas vehiculares es un procedimiento aprobado por SUTRAN mediante la Resolución de Superintendencia N°054-2014-SUTRAN. Este procedimiento contiene los pasos que deben seguir las concesionarias en el control de pesos y medidas vehiculares efectuado en las estaciones de pesaje que administran.

Según el procedimiento, las concesionarias realizan el control obligatorio de peso y medidas a los vehículos pesados en estaciones de pesaje fijas y móviles. En los casos que se identifica

incumplimiento a lo que establece el RNV, el operador de la concesionaria entrega los documentos del vehículo y el reporte de pesaje al inspector de SUTRAN asignado a la estación, para que este elabore el formulario de infracción a la norma de pesos y medidas vehiculares.

3.5. Estaciones de pesaje fijas

Las estaciones de pesaje fijas se caracterizan por estar en una ubicación fija en la carretera; son puntos de control que todos los vehículos pesados deben pasar. Las estaciones fijas cuentan con sistemas automáticos de conteo y clasificación vehicular, sensores de altura y medidas, semáforos y dos balanzas, una selectiva y una punitiva.

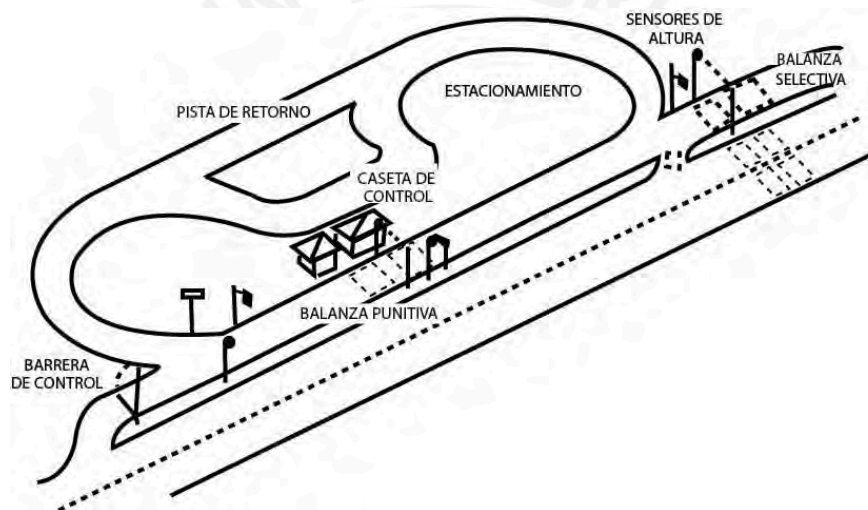


Figura 9. Esquema estación de pesaje fija.

Tomado de “Análisis de espectros de carga para 6 plazas de pesaje chilenas y 4 “wim” zona urbana Santiago norte, y su influencia en el desempeño de los pavimentos de hormigón”, por Iturriaga, 2014, p.31.

Como se muestra en la Figura 9, la estación está ubicada en un carril adicional al costado de la vía principal, con el fin de no interrumpir el flujo vehicular. Todos los vehículos pesados pasan por la balanza selectiva a una velocidad máxima de 40 km/h, los sensores clasifican el vehículo y registran sus dimensiones y peso; si se detecta un sobre peso o anomalía, mediante el semáforo en rojo se le indica al conductor que continúe hacia la balanza punitiva, caso contrario mediante el semáforo en verde se le indica que regrese a la vía principal. Antes de la caseta de control, el vehículo pesado se detiene para que el operador ingrese la placa del vehículo y

configuración vehicular, en caso esta no haya sido detectada automáticamente antes. Luego, el vehículo pasa por la balanza punitiva a una velocidad máxima de 5 km/h, se registran sus dimensiones y peso. Si se detecta una infracción a las medidas o al PBV que indica el RNV, el semáforo en rojo le indicará al conductor que ingrese al estacionamiento, si no el semáforo en verde le indicará que regrese a la vía principal. En el estacionamiento puede descargar o reestibar su mercancía y pasar nuevamente por la balanza punitiva.

3.5.1. Balanza Selectiva y Balanza Punitiva.

Las balanzas o básculas de pesaje son los componentes más importantes de las estaciones de pesaje. Las balanzas forman parte de un sistema WIM, que cuenta también con sistemas de clasificación vehicular y sensores de altura y medidas; trabajan en conjunto para el control vehicular en las estaciones de pesaje.

Como se muestra en la Figura 10, la balanza está fijada en el pavimento. El tipo de balanza más utilizada en el Perú está compuesto por una plataforma de pesaje con celdas de carga (load cells, en inglés). Cuando el vehículo pasa sobre la plataforma, la carga se transfiere a las células de carga que utilizan un transductor para crear una señal eléctrica cuya amplitud es directamente proporcional a la fuerza que se mide (FHWA, 2018).



Figura 10. Balanza tipo Load Cell.

Tomado de “SWIM Slow Speed In Motion Scales”, por Cardinal Scale, s.f.

Estos tipos de balanza son los más precisos, tienen capacidad nominal de carga de 20 toneladas y capacidad máxima de carga de 30 toneladas. Cuando tienen una instalación y mantenimiento adecuado pueden funcionar hasta 12 años sin necesidad de una reparación importante. Se recomienda que deben ser recalibradas cada 12 meses para no perder precisión en los registros (FHWA, 2018).

La diferencia entre la balanza selectiva y balanza punitiva (o de precisión), es que son de diferente tipo de sistema WIM. La balanza selectiva es del tipo 3 y la balanza punitiva del tipo 4, según la clasificación de la norma ASTM 1318-09. La balanza selectiva registra vehículos con velocidad de 5 a 60 km/h; mientras que la balanza punitiva registra vehículos con velocidad de 0 a 8 km/h, con una desviación en el peso total de $\pm 1\%$.

3.6. Estaciones de pesaje móviles

Las estaciones de pesaje móviles se caracterizan por no tener una ubicación fija en la carretera, es decir, el sistema WIM con el que se hace el control es portátil y se puede trasladar a otra ubicación. Sin embargo, como se muestra en la Figura 11 y Figura 12, las estaciones móviles del Perú no cuentan con balanzas portátiles, sino con una balanza punitiva fijada en el pavimento en un carril adicional a la vía principal.



Figura 11. Estación de pesaje móvil Yura.

Tomado de "Street View Km.930 ruta 03S", por Google, 2014.



Figura 12. Estación de pesaje móvil Anta.

Tomado de “Plan de Negocios 2021”, por SURVIAL, 2021, p.20.

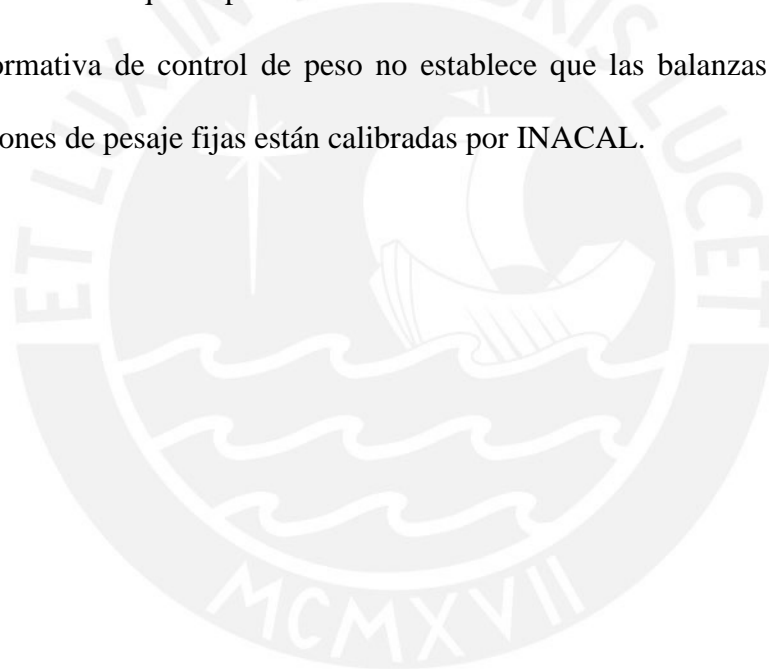
A diferencia de las estaciones fijas, las estaciones móviles cuentan solo con un sistema de conteo y clasificación automático, sensores de altura y una balanza punitiva, todo controlado desde la caseta de control. Antes que pase por la balanza punitiva, el vehículo pesado se detiene para que el operador registre la placa y configuración vehicular. Luego, el vehículo pasa por la balanza punitiva a una velocidad máxima de 5 km/h. Si se detecta una anomalía o sobre peso, se le indica al conductor que se estacione, caso contrario podrá regresar a la vía principal.

3.7. Problemática en el sistema de pesaje y conteo de vehículos pesados

En base a la descripción realizada en los ítems anteriores, y a los esfuerzos por recopilar información de pesaje y conteo vehicular que se genera en las estaciones de pesaje que operan en Perú, se han identificado los siguientes problemas:

- El MTC y SUTRAN solo consideran a las estaciones de pesaje como puntos de fiscalización del peso bruto de vehículos, y no como fuentes para recopilar información real de las características del tránsito de vehículos pesados que transitan en la red vial peruana. No se tiene por objetivo utilizar la información de las cargas reales de tráfico con fines de mantenimiento, rehabilitación o diseño de pavimentos.

- El acceso a los registros de pesaje y conteo vehicular que se realiza en las estaciones de pesaje es limitado. Por un lado, SUTRAN solo recopila el reporte de pesaje de los vehículos que exceden el PBV establecido en el RNV. Por otro lado, no todas las concesionarias tienen completamente ordenado los registros de pesaje. Depende de la voluntad de las concesionarias compartir la información de pesaje y conteo vehicular.
- Como las estaciones de pesaje no se encuentran en la vía principal, sino en un carril adicional, algunos camiones evaden el control. Pocas veces hay vehículos de la policía nacional que impidan la evasión.
- La normativa de control de peso no establece que las balanzas selectivas de las estaciones de pesaje fijas están calibradas por INACAL.



CAPÍTULO 4. DATOS DE TRÁFICO

4.1. Fuente de información

La data de tráfico que se utilizó en este trabajo fue recolectada en las estaciones de pesaje Serpentín de Pasamayo-Norte (SP-N) y Serpentín de Pasamayo-Sur (SP-S), durante el periodo del 01 de enero del 2017 al 31 de diciembre del 2019.

Las estaciones de pesaje se ubican en el kilómetro 42.2 de la carretera Panamericana Norte PE-1NA, en el distrito de Ancón, provincia de Lima y región de Lima. Como se muestra en la Figura 13, en cada estación de pesaje (e.p.) se realiza el control de vehículos pesados que circulan en dirección norte y en dirección sur. La e.p. Serpentín de Pasamayo-Norte registra a los vehículos que se dirigen al norte, mientras que la e.p. Serpentín de Pasamayo-Sur registra a los vehículos que se dirigen al sur. Ambas estaciones son administradas por la empresa Norvial S.A.



Figura 13. Imagen satelital EP Serpentín de Pasamayo.

Tomado de “Google Earth”, por Google, 2020.

El año 2003 se firmó el contrato de concesión entre Norvial y el MTC, donde se entrega en concesión 183 kilómetros del tramo Ancón-Huacho-Pativilca de la carretera Panamericana

Norte. El contrato asigna a Norvial como el responsable de administrar, operar y dar mantenimiento a dicha infraestructura vial por los siguientes 25 años. Referente a la administración de las estaciones de pesaje, en la cláusula 8.24. del contrato de concesión, se transfiere a Norvial las instalaciones existentes donde debe realizar el control de pesos y dimensiones vehiculares que establecen las normas nacionales.

Ambas son estaciones de pesaje fijas que cuentan con un sistema automático de conteo y clasificación de vehículos pesados, semáforos, sensores de altura y dos balanzas de pesaje en movimiento. Las balanzas que se utilizan son marca TOLEDO, procedentes de Brasil, la balanza punitiva (o de precisión) es calibrada por INACAL cada año. El control de vehículos pesados se realiza de manera ininterrumpida las 24 horas del día todo el año.

Se estableció como fuente de información únicamente a las estaciones de pesaje, y no a la estación de peaje que también se encuentra en el Serpentín de Pasamayo. Debido a que el puesto de peaje tiene por objetivo recaudar las tasas de peaje y clasifica a los vehículos pesados por número de ejes, de modo que no es posible identificar la configuración vehicular de cada vehículo pesado.

4.1.1. Vehículos que transitan por el Serpentín de Pasamayo.

La Panamericana Norte entre el distrito de Ancón y la provincia de Huaral, en la región Lima, cuenta con dos vías para el tránsito de vehículos: “Serpentín de Pasamayo” exclusiva para tránsito pesado y “Variante de Pasamayo” para tránsito liviano y tránsito pesado. Estos tramos de la Panamericana Norte son vías con gran volumen de vehículos, pues son la principal conexión para el transporte terrestre de personas y mercancías entre la capital y las regiones del norte del Perú.

Mediante la Resolución Directoral N°041-2018-MTC/15 del 3 de enero del 2018, se restringió el acceso y circulación de vehículos categoría M2 y M3 por el Serpentín de Pasamayo. Esta

restricción inicialmente establecida hasta junio del 2018 se ha extendido mediante otras resoluciones hasta el año 2023.

Los vehículos M2 y M3 son aquellos especiales para el transporte de pasajeros (buses), que ahora solo se desplazan por la Variante de Pasamayo y que hasta el año 2017 sí lo hacían por el Serpentín de Pasamayo. Sin embargo, como indica la Resolución N°041-2018-MTC/15, el tramo Serpentín de Pasamayo presentaba niveles de accidentabilidad mayores al de otras vías con problemas de saturación; donde el accidente más grave que conllevó a esta resolución ocurrió el 2 de enero del 2018, cuando un bus que impactó con un tráiler cayó al abismo y 52 de los 55 pasajeros perdieron la vida.

4.2. Datos recopilados

En primera instancia, se solicitó formalmente los registros completos de pesaje y conteo vehicular de los años 2017, 2018 y 2019 a SUTRAN, que como ente supervisor debería tener dichos registros. Sin embargo, la institución respondió que solo cuentan con los registros de pesaje de los vehículos que habían infringido los límites de peso y medidas que establece el RNV. Por ello, mediante una carta formal se solicitó dichos registros a la empresa concesionaria Norvial, que accedió a brindar lo solicitado.

Del conteo vehicular y pesaje en movimiento, Norvial genera para cada mes tres tipos de reportes en formato Excel: flujo vehicular, pesaje selectivo y pesaje punitivo. Estos archivos fueron enviados en respuesta a la solicitud.

4.2.1. Flujo vehicular.

Como se muestra en la Figura 14 del flujo vehicular de enero del 2018 de la estación de pesaje SP-N, en este reporte se registra la cantidad de vehículos de cada tipo que pasa por la estación de pesaje cada día del mes. Estos reportes mensuales son elaborados como resumen del total de vehículos registrados en el pesaje selectivo.

CONCAR		FLUJO VEHICULAR																								GO-OC-PESJ-FOR-007								
		Elaborado Por								Revisado Por								Aprobado Por								Fecha								Revisión 02
SGPP								GO								GO								26/04/2018								Página 1 de 3		
PROYECTO: NORVIAL																																		
UNIDAD DE PESAJE SERPENTIN DE PASAMAYO																																		
TIPOS	MES : Enero 2018																															TOTAL		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
C2	514	538	428	589	781	725	419	736	841	806	818	789	760	447	759	816	857	881	826	762	479	734	842	882	865	820	767	407	759	804	833	22283		
C3	262	204	199	281	385	391	212	323	427	403	436	431	408	188	323	410	430	425	407	393	229	326	418	397	416	384	377	227	283	400	398	10793		
T2S1	0	4	2	3	3	8	4	3	3	5	5	5	5	6	1	7	4	6	3	3	2	1	4	3	4	0	5	3	11	5	3	121		
C4	3	8	18	37	59	53	19	47	50	47	69	60	61	28	56	50	51	77	51	51	31	37	46	71	69	46	58	21	32	46	55	1407		
T3S1	7	6	7	5	10	11	13	11	16	11	11	9	8	10	12	9	11	7	8	12	10	8	11	10	11	11	12	11	16	14	8	316		
B4	23	22	14	12	4	1	2	1	6	2	1	7	4	0	1	6	4	0	5	1	4	3	2	2	1	4	3	0	0	0	2	137		
T2Se2	7	8	4	11	14	18	10	7	15	12	16	11	23	11	12	14	16	21	14	17	10	7	17	24	21	19	20	22	21	21	14	457		
T2S2	5	6	8	6	14	9	11	7	10	22	17	24	16	17	10	21	19	20	19	19	20	18	25	26	24	18	20	17	19	21	15	503		
T3S2	58	105	93	144	221	176	148	178	258	237	244	240	205	132	204	281	266	239	260	240	134	253	256	263	280	237	208	140	234	239	230	6463		
T2Se3	0	1	2	4	7	4	1	3	6	3	4	7	5	1	5	6	4	6	5	3	2	1	8	5	2	6	6	4	0	6	3	120		
T3Se2	38	56	45	78	102	107	78	95	106	111	124	103	94	80	83	96	108	125	130	111	90	85	108	115	128	125	126	106	102	120	129	3104		
T2S3	3	2	6	7	12	2	12	11	9	14	11	5	11	6	3	14	14	11	14	16	3	8	17	15	10	11	14	7	13	13	21	315		
8x4 RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
C4RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
8x4R2	1	1	1	1	1	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0	2	2	1	0	1	0	2	1	2	0	3	1	2	0	31		
C4RB2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
T3Se3	6	6	6	8	25	20	14	18	17	27	27	21	27	16	10	22	24	18	24	18	14	12	25	22	20	30	21	12	13	26	23	572		
C4R2	3	1	1	2	3	3	1	6	4	3	3	4	9	0	1	3	5	4	4	1	0	3	3	1	3	4	8	5	1	3	4	96		
T3S3	226	319	308	523	1105	947	420	733	900	964	973	1024	952	460	916	1033	943	1026	976	834	464	887	1134	1057	1038	1047	885	486	737	1057	367	25341		
T3S2 S2	0	0	3	3	3	3	2	2	5	4	2	3	5	1	8	3	4	5	5	1	0	0	9	0	2	2	3	2	2	4	6	92		
8x4R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	
C4R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	
T3S2 S1S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
NDF	35	38	35	39	65	74	30	65	87	67	79	91	51	33	73	72	84	71	66	53	20	62	64	63	75	75	56	27	93	56	71	1870		
TOTAL	1191	1325	1180	1763	2814	2552	1398	2247	2762	2741	2842	2838	2646	1437	2477	2864	2847	3005	2821	2536	1513	2447	2932	2957	2972	2840	2592	1498	2339	2836	2783	74045		

Figura 14. Flujo vehicular SP-N enero del 2018

4.2.2. Pesaje Selectivo.

Como se muestra en la Figura 15 del control de peso en la balanza selectiva realizado en enero del 2018 en la estación de pesaje SP-N, se genera un reporte tabulado de los vehículos que pasan por la balanza selectiva. En este reporte se registra la secuencia, fecha, hora, tipo de vehículo según configuración vehicular del RNV, velocidad, límite de peso bruto (sin considerar tolerancia), peso bruto total registrado, exceso de peso, distancia y resultado del control. En el reporte destaca que no se controla ni registra el peso por eje y se libera del control en la balanza punitiva a todos los vehículos que no exceden el límite de PBV.

Reporte de Pesaje Selectivo										
Puesto: ESTACION NORTE										
Rango de Fecha: 01/01/2018 00:00:00 - 31/01/2018 23:59:59										
SEQPE	DATA	FECHA	HORA	CLAS	VELO	LIMIT	PBT	EXCES	DISTANCI	RESULTAD
3467422	01/01/2018 00:13:40	01/01/2018	00:13:40	T3S3	30	48000	49680	1680	15736	F: Puesto
3467423	01/01/2018 00:19:26	01/01/2018	00:19:26	T3S3	28.5	48000	18850	0	17829	N: Liberado
3467424	01/01/2018 00:23:14	01/01/2018	00:23:14	C4	26	32000	28800	0	8063	N: Liberado
3467425	01/01/2018 00:44:28	01/01/2018	00:44:28	T3S3	10	48000	39910	0	16064	N: Liberado
3467426	01/01/2018 00:44:36	01/01/2018	00:44:36	T3S3	17.5	48000	39400	0	16114	N: Liberado
3467427	01/01/2018 00:52:20	01/01/2018	00:52:20	C2	27	18000	5590	0	4068	N: Liberado
3467428	01/01/2018 00:56:52	01/01/2018	00:56:52	T3S3	29	48000	52320	4320	16493	F: Puesto
3467429	01/01/2018 01:03:20	01/01/2018	01:03:20	T3S3	31	48000	47580	0	14206	N: Liberado
3467430	01/01/2018 01:27:26	01/01/2018	01:27:26	T3S3	30	48000	48030	30	16070	F: Puesto
3467431	01/01/2018 01:27:37	01/01/2018	01:27:37	T3S3	33	48000	47330	0	16368	N: Liberado
3467432	01/01/2018 01:35:30	01/01/2018	01:35:30	C2	49.5	18000	1500	0	3261	D: Exc. Vel.
3467433	01/01/2018 01:38:28	01/01/2018	01:38:28	T3Se2	12	47000	49610	2610	14100	F: Puesto
3467434	01/01/2018 01:48:50	01/01/2018	01:48:50	T3Se2	29	47000	24790	0	18160	N: Liberado
3467435	01/01/2018 02:03:39	01/01/2018	02:03:39	T3S3	37	48000	39700	0	19193	N: Liberado
3467436	01/01/2018 02:13:54	01/01/2018	02:13:54	T3S2	14	43000	41820	0	18075	N: Liberado
3467437	01/01/2018 02:59:52	01/01/2018	02:59:52	T3Se2	29	47000	24390	0	18209	N: Liberado
3467438	01/01/2018 03:00:32	01/01/2018	03:00:32	C2	15.5	18000	13990	0	6357	N: Liberado
3467439	01/01/2018 03:06:57	01/01/2018	03:06:57	NDF	44	0	700	700	0	D: Exc. Vel.
3467440	01/01/2018 03:13:16	01/01/2018	03:13:16	C2	26.5	18000	2830	0	3409	N: Liberado
3467441	01/01/2018 03:13:18	01/01/2018	03:13:18	C2	31	18000	1670	0	3314	N: Liberado
3467442	01/01/2018 03:13:22	01/01/2018	03:13:22	C2	25.5	18000	1890	0	3266	N: Liberado
3467443	01/01/2018 03:24:24	01/01/2018	03:24:24	T3S3	28	48000	44070	0	14980	N: Liberado

Figura 15. Pesaje Selectivo SP-N enero del 2018

4.2.3. Pesaje Punitivo.

Como se muestra en la Figura 16 y Figura 17 del control de peso en la balanza punitiva realizado en enero del 2018 en la estación de pesaje SP-N, se genera un reporte tabulado de los vehículos que pasan por la balanza punitiva. Es decir, de aquellos vehículos que son derivados luego del pesaje selectivo para un nuevo control más preciso.

En este reporte se registra más información que en el de pesaje selectivo. Se registra el puesto de control, placa del vehículo, secuencia, fecha, hora, velocidad, distancia, tipo de vehículo según configuración vehicular del RNV, peso bruto total registrado, límite de peso bruto (considerando tolerancia), exceso de peso, altura, descripción, peso en cada conjunto de ejes (G01, G02, etc.), peso en cada eje (E01, E02, etc.) y resultado del control.

CODPUES	PUES	PLACA	SEQPES	DATA_INIC	FECHA	HORA	MEDIA_VELC	COMPRIMENTO	CLAS	PBT_REAL	LIMITETOTA	EXCESC	ALTUR	DESCRIPCION
01	ESTACION NORTE	T5X919	553870	01/01/2018 00:14:51	01/01/2018	00:14:51	3.25		T3S3	49310	49440	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	C3Z789	553871	01/01/2018 00:57:41	01/01/2018	00:57:41	3.33	18.337	T3S3	52150	49440	2710	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	C3Z789	553872	01/01/2018 01:03:08	01/01/2018	01:03:08	3.5		T3S3	52290	49440	2850	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	D1F867	553873	01/01/2018 01:28:58	01/01/2018	01:28:58	4.58		T3S3	47080	49440	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	B4Q899	553874	01/01/2018 01:40:11	01/01/2018	01:40:11	2.5		T3Se2	46680	48410	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	C9K901	553875	01/01/2018 03:46:57	01/01/2018	03:46:57	3.17	19.587	T3S3	46350	49440	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	AJK818	553876	01/01/2018 04:58:25	01/01/2018	04:58:25	4.67	16.867	T3S3	46810	49440	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	C0P774	553877	01/01/2018 05:37:52	01/01/2018	05:37:52	6.75	7.332	C2	13980	18540	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	V5Q755	553878	01/01/2018 05:57:28	01/01/2018	05:57:28	4	17.229	T3S3	48310	49440	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	V9C926	553879	01/01/2018 05:57:59	01/01/2018	05:57:59	3	16.653	T3S3	45260	49440	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	ALQ719	553880	01/01/2018 06:09:56	01/01/2018	06:09:56	8.7	23.498	T3S2	16060	44290	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	C9I873	553881	01/01/2018 06:24:06	01/01/2018	06:24:06	6.2	16.51	T3S2	46000	44290	1710	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	C9I873	553882	01/01/2018 06:30:28	01/01/2018	06:30:28	7.6		T3S2	45700	44290	1410	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	D6Y784	553883	01/01/2018 07:11:47	01/01/2018	07:11:47	4.08	22.793	T3S3	31020	49440	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	V4O857	553884	01/01/2018 07:31:34	01/01/2018	07:31:34	4	17.333	T3S3	45950	49440	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	C6W795	553888	01/01/2018 07:44:40	01/01/2018	07:44:40	4	18.01	T3S3	46600	49440	0	N	NORMAL
01	ESTACION NORTE	A1P828	553889	01/01/2018 07:58:26	01/01/2018	07:58:26	3	16.003	T3S3	46970	49440	0	N	NORMAL

Figura 16. Pesaje Punitivo SP-N enero del 2018, parte 1

CODPUES	PUES	PLACA	CLAS	NPE	G0	G02	G03	G04	G05	G06	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	ESTADO	STATUS
01	ESTACION NORTE	T5X919	T3S3	1	4970	19010	25330	0	0	4970	9520	9490	8410	8300	8620	0	0	0	Lib(PCSM)	LIB PCSM
01	ESTACION NORTE	C3Z789	T3S3	1	5620	20700	25830	0	0	5620	10560	10140	8500	8630	8700	0	0	0	Lib(PCSM)	EIXO + PBT
01	ESTACION NORTE	C3Z789	T3S3	1	5710	20630	25950	0	0	5710	10530	10100	8530	8660	8760	0	0	0	Normal	LIB PCSM
01	ESTACION NORTE	D1F867	T3S3	1	5060	19470	22550	0	0	5060	9760	9710	9710	7490	5350	0	0	0	Lib(PCSM)	LIB PCSM
01	ESTACION NORTE	B4Q899	T3Se2	1	7140	16570	11010	11960	0	0	7140	8800	7770	11010	11960	0	0	0	Lib(PCSM)	LIB PCSM
01	ESTACION NORTE	C9K901	T3S3	1	5610	18270	22470	0	0	5610	9220	9050	7240	6930	8300	0	0	0	Normal	LIBERADO
01	ESTACION NORTE	AJK818	T3S3	1	6430	17600	22780	0	0	6430	8760	8840	7700	7690	7390	0	0	0	Normal	LIBERADO
01	ESTACION NORTE	C0P774	C2	1	4300	9680	0	0	0	4300	9680	0	0	0	0	0	0	0	Normal	INDEFINIDO
01	ESTACION NORTE	V5Q755	T3S3	1	4930	17880	25500	0	0	4930	9040	8840	8560	8820	8120	0	0	0	Normal	LIBERADO
01	ESTACION NORTE	V9C926	T3S3	1	5010	18060	22190	0	0	5010	9240	8820	6030	7440	8720	0	0	0	Normal	LIBERADO
01	ESTACION NORTE	ALQ719	T3S2	1	4770	6410	4880	0	0	4770	3200	3210	2480	2400	0	0	0	0	Normal	LIBERADO
01	ESTACION NORTE	C9I873	T3S2	1	7120	18260	20620	0	0	7120	9390	8870	10330	10290	0	0	0	0	Lib(PCSM)	EIXO + PBT
01	ESTACION NORTE	C9I873	T3S2	1	7160	18060	20480	0	0	7160	9110	8950	10290	10190	0	0	0	0	Lib(PCSM)	LIB PCSM
01	ESTACION NORTE	D6Y784	T3S3	1	4710	11140	15170	0	0	4710	5550	5590	5110	4660	5400	0	0	0	Normal	LIBERADO
01	ESTACION NORTE	V4O857	T3S3	1	4740	16640	24570	0	0	4740	8580	8060	7200	8550	8820	0	0	0	Normal	LIBERADO
01	ESTACION NORTE	C6W795	T3S3	1	5850	17500	23250	0	0	5850	9040	8460	8710	7240	7300	0	0	0	Normal	LIBERADO
01	ESTACION NORTE	A1P828	T3S3	1	5000	17780	24190	0	0	5000	8940	8840	7310	8040	8840	0	0	0	Normal	LIBERADO

Figura 17. Pesaje Punitivo SP-N enero del 2018, parte 2

4.3. Procesamiento de datos

Los datos recopilados de las estaciones de pesaje Serpentin de Pasamayo-Norte (SP-N) y Serpentin de Pasamayo-Sur (SP-S), se procesan con el software Microsoft Excel para generar los parámetros que caracterizan el tráfico según el método M-E del AASHTO.

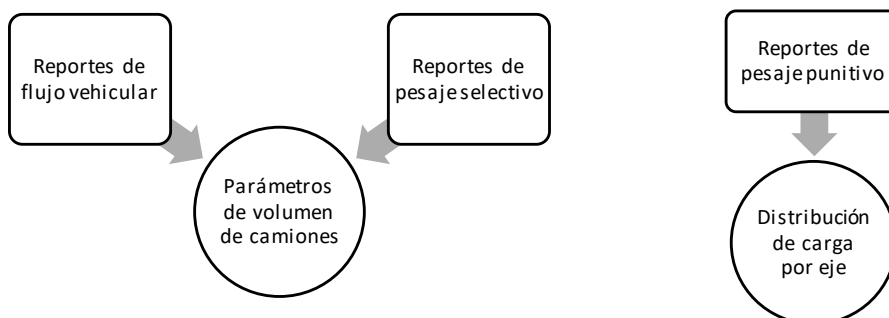


Figura 18. Reportes para generar parámetros de tráfico

Como se muestra en la Figura 18. Por un lado, se procesan los reportes de flujo vehicular y de pesaje selectivo para generar los parámetros de volumen de camiones, ya que en estos reportes está completa la información de conteo y clasificación vehicular automática. De ellos se toma en cuenta el tipo de vehículo, fecha y hora de paso. Por otro lado, se procesan los reportes de pesaje punitivo para generar la distribución normalizada de carga por eje, ya que solo en estos reportes están registrados los datos peso por eje. De ellos se toma en cuenta el tipo de vehículo, fecha, peso en cada eje y peso en cada conjunto de ejes.

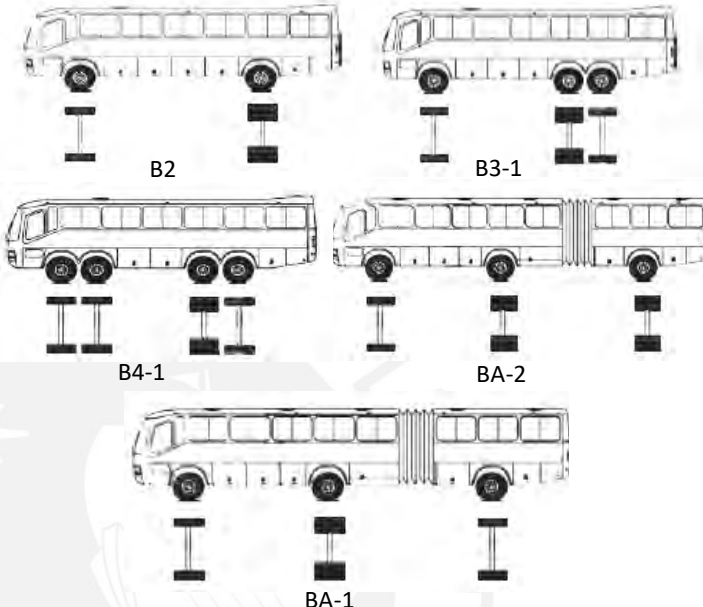


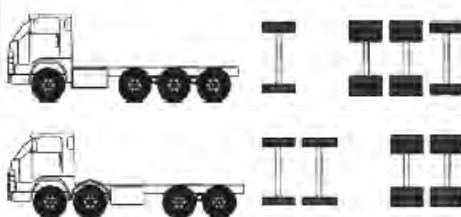
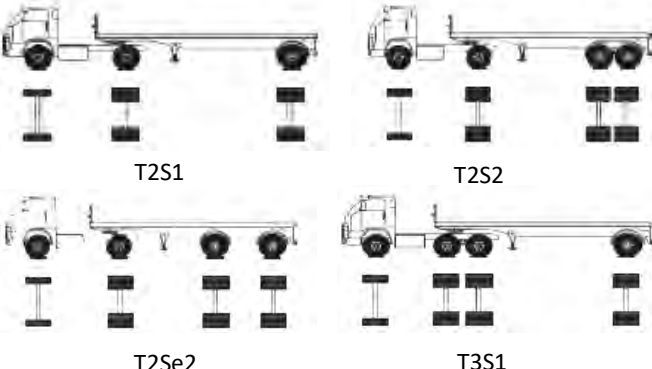
En los datos trabajados también se consideró a los registros de vehículos pesados con exceso de altura, exceso de velocidad, exceso de peso bruto y con configuración vehicular definida; con el objetivo de tener la mayor cantidad de datos de tráfico.

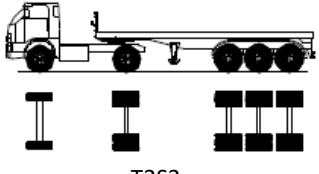
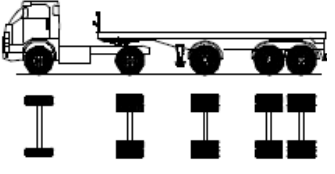
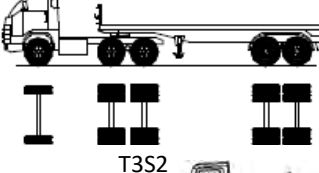
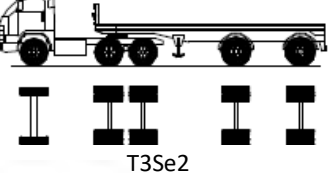
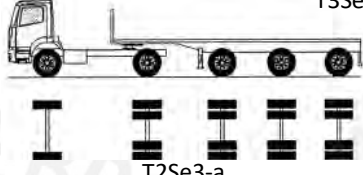
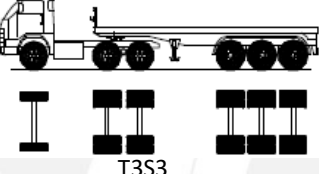
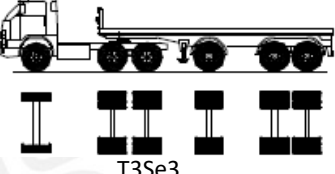
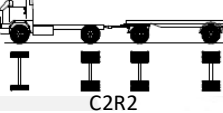
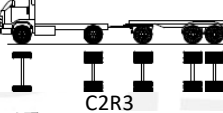
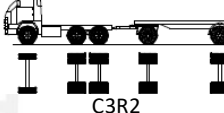
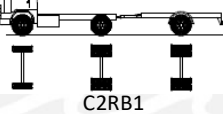
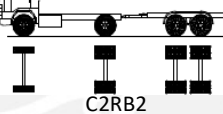
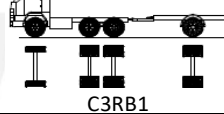
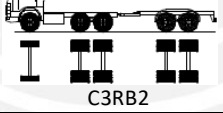
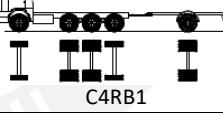
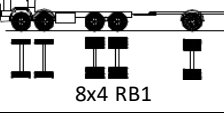
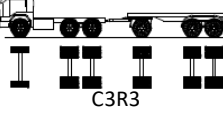
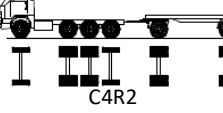
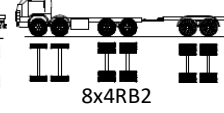
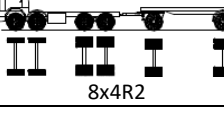
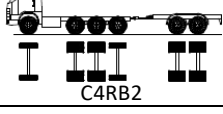
4.3.1. Equivalencia entre clasificación vehicular del RNV y de la FHWA.

Los parámetros que caracterizan el tránsito de vehículos en el método M-E del AASHTO, se basan en la clasificación vehicular de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (FHWA, por sus siglas en inglés). La clasificación vehicular de la FHWA es diferente a la clasificación vehicular que se realiza en las estaciones de pesaje, puesto que en estas se clasifica según el anexo IV del RNV que cuenta con 50 tipos de vehículos pesados, todos con una configuración de ejes única; mientras que, la clasificación de la FHWA cuenta con 13 clases que agrupan a vehículos con configuración de ejes similares, pero no iguales.

Debido a estas diferencias en la clasificación vehicular, en el procesamiento de datos se reagrupa a los vehículos registrados en las estaciones de pesaje en base a la equivalencia que se muestra en la Tabla 13. Esta equivalencia se estableció al ubicar a cada configuración vehicular del RNV dentro una de clase del FHWA que coincida con su configuración de ejes.

Tabla 13. Equivalencia de clasificación FHWA y RNV

Clasificación del FHWA		Clasificación según anexo IV del RNV	
Clase	Descripción	Configuración vehicular	
1	Motocicleta: 2 ejes, 2 o 3 llantas	Motocicleta, mototaxi	
2	Carros: 2 ejes, pueden tener 1 o 2 ejes remolques	Auto, station wagon	
3	Camionetas, furgonetas, paneles: 2 ejes y 4 ruedas individuales, pueden tener 1 o 2 ejes remolque	Camionetas, combies, vans	
4	Buses: 2 o 3 ejes		
5	Una sola unidad de camiones de 2 ejes	C2	
6	Una sola unidad de camiones de 3 ejes	C3	
7	Una sola unidad de camiones de 4 o más ejes	C4 8x4	
8	Remolque único de camión de 3 o 4 ejes	T2S1 T2S2 T2Se2 T3S1	

Clasificación del FHWA		Clasificación según anexo IV del RNV	
Clase	Descripción	Configuración vehicular	
9	Remolque único de camión de 5 ejes	 T2S3	 T2Se3
		 T3S2	 T3Se2
		 T2Se3-a	
10	Remolque único de camión de 6 o más ejes	 T3S3	 T3Se3
11	Múltiples remolques de camiones de 5 o menos ejes	 C2R2	 C2R3
		 C3R2	
		 C2RB1	 C2RB2
		 C3RB1	
		 C3RB2	 C4RB1
		 8x4 RB1	
12	Múltiples remolques de camiones de 6 ejes	 C3R3	 C4R2
		 8x4RB2	
		 8x4R2	 C4RB2
13	Múltiples remolques de camiones de 7 o más ejes	C3R4, C4R3, 8X4R3, 8X4R4, T3S2S2, T3S2S3, T3S3S2, T3S3S3, T3Se2Se2, T3S2S1S2, T3S3S1S1, T3S2S2S2, T3S3S1S2, T3S3S1S3, T3S3S2S3, T3Se2S1Se2	

El método M-E del AASHTO solo considera a los vehículos pesados (camiones) para caracterizar el tráfico. Estos vehículos son los que se clasifican entre las clases 4 y 13 de la FHWA; que, además, son los vehículos que se controlan en las estaciones de pesaje.

4.4. Revisión de datos

4.4.1. Revisión de datos de pesaje selectivo.

En la Figura 19 y Figura 20 se muestra que la mayoría de los datos procesados son de las clases 5, 6, 9 y 10, que en conjunto representan el 93 % y 91 % del total de datos recopilados de las estaciones SP-N y SP-S, respectivamente. Además, se observa una disminución progresiva en el total de vehículos por año, probablemente debido a la presencia del tramo Variante de Pasamayo por el que podrían estar transitando los vehículos restantes.

En las figuras también se observa que hay muy pocos vehículos de las clases 11, 12 y 13, que en conjunto representan aproximadamente el 0.30 % del total de datos recopilados de cada estación. Por el contrario, se observa una notable cantidad de vehículos con clasificación no definida que no son considerados en el procesamiento de datos. Estos vehículos con clasificación no definida registrados en el pesaje selectivo son aquellos cuya configuración de ejes, detectada por el sistema de clasificación automática, no está definida en el RNV y deberían ser mayormente vehículos especiales.

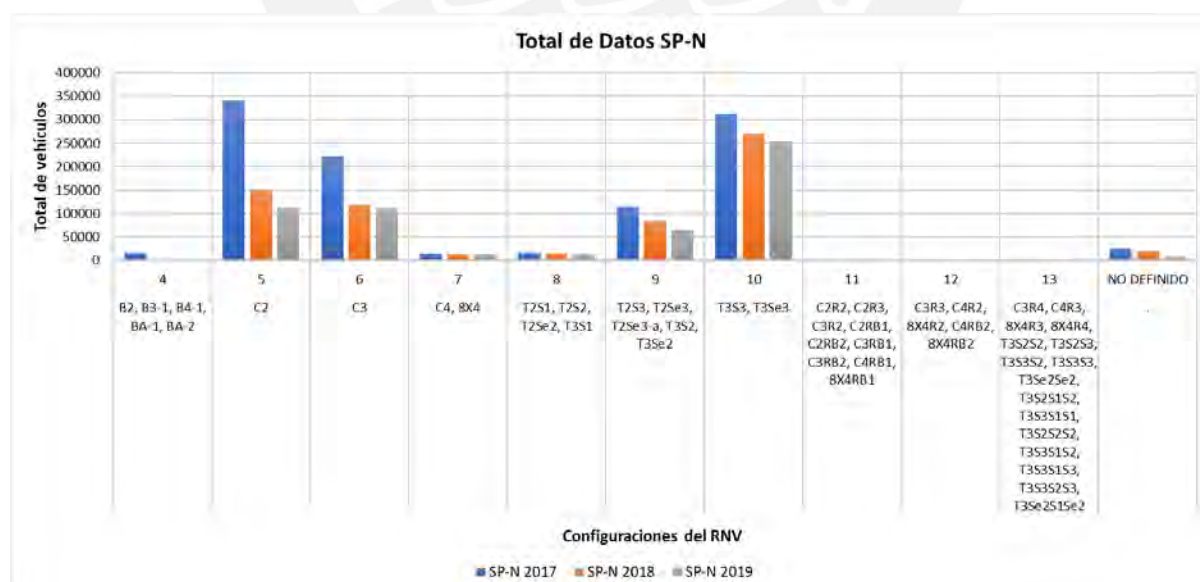


Figura 19. Datos totales de pesaje selectivo en estación SP-N

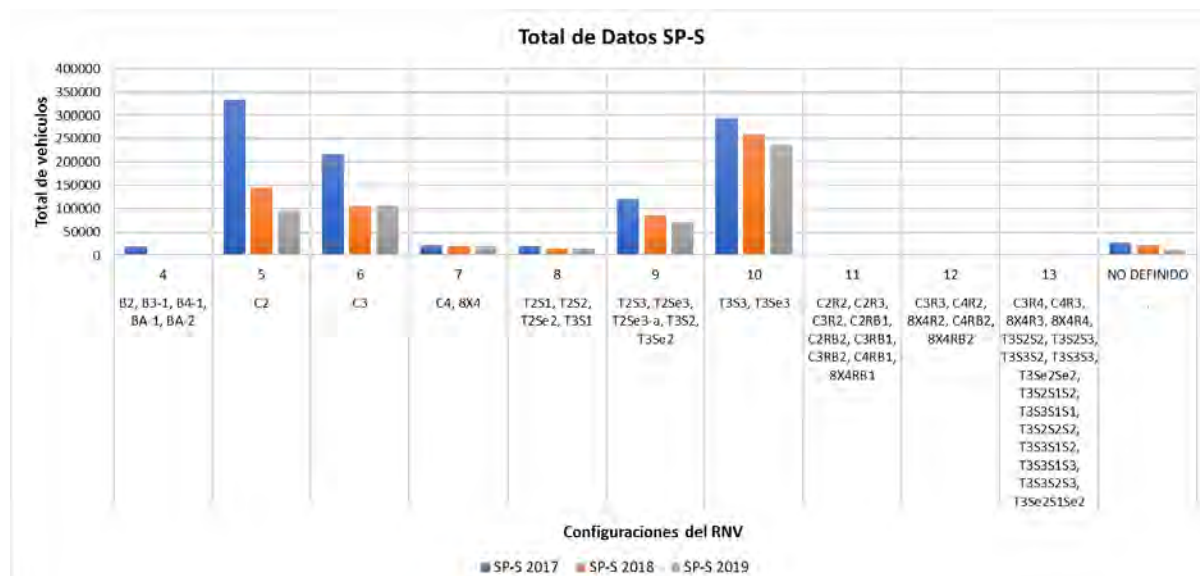


Figura 20. Datos totales de pesaje selectivo en estación SP-S

4.4.2. Revisión de datos de pesaje punitivo.

En el pesaje punitivo, a diferencia del pesaje selectivo, sí se registran a los datos de peso por eje y conjunto de ejes que son utilizados para la generación de la distribución de carga por eje. Pero, en este pesaje solo se controla a aquellos vehículos que en la balanza selectiva no fueron clasificados o tuvieron un peso bruto vehicular mayor al establecido en el RNV. Por ello, las distribuciones de carga por eje que se generarán no son una representación completamente real de las cargas por eje que tiene cada clase de vehículo, ya que los pesos por eje que se considera son de vehículos con exceso de PBV.

En la Tabla 14 se muestra la cantidad de veces que se registró a cada clase de vehículo en el pesaje selectivo y en el pesaje punitivo durante los tres años de estudio. Como en el proceso de control de peso, por la balanza punitiva pasan una parte de todos los vehículos que pasan por la balanza selectiva, se espera que la relación entre el total de vehículos registrados por dichas balanzas sea menor a 100 %. Sin embargo, se observa que, en varias clases se registraron más vehículos en la balanza punitiva que en la balanza selectiva, inclusive con clases que la balanza selectiva no registró a ningún vehículo. Esto muestra una incoherencia en los datos, que se puede deber a una mala clasificación vehicular en el pesaje selectivo, ya que esta balanza no

es calibrada por INACAL, a diferencia de la balanza punitiva, donde, además, la clasificación vehicular es verificada desde la caseta de control.

Pese a que los vehículos de las clases que presentan incoherencia de datos son mal clasificados en el pesaje selectivo (son registrados con una clase incorrecta o con clasificación no definida), cuando pasan por el pesaje punitivo sí son clasificados correctamente. Por lo tanto, es muy probable que la gran cantidad de vehículos de las clases 11 y 12 en el pesaje punitivo sean aquellos con clasificación no definida del pesaje selectivo. Ello es coherente con lo observado en la Figura 19 y Figura 20 del pesaje selectivo, donde hay mayor cantidad de vehículos con clasificación no definida que en las clases 11 y 12.

En la Tabla 14, además de la incoherencia entre datos de pesaje selectivo y punitivo, se muestra que para 13 clases vehiculares no se tiene registrado a ningún vehículo durante los tres años de estudio. En estas clases están las 10 nuevas configuraciones vehiculares incorporadas al RNV a fines del 2018, de las cuales se debió controlar alguna de ellas durante el 2019. Si bien es posible que no haya circulado por este sector ningún vehículo con esas configuraciones, de haberlo hecho, habría sido registrado con clasificación no definida.

Debido a esto, es necesario un control de calidad a los datos de tráfico que se registran en las estaciones de pesaje. Pero, con los registros que se tiene no es posible realizar una comparación o verificación de los vehículos que han pasado por ambas balanzas, pues no tienen la misma secuencia de pesaje y solo se registra la placa del vehículo en el pesaje punitivo.

Tabla 14. Total de vehículos registrados en balanza selectiva y en balanza punitiva

CLASE		SP-N			SP-S		
FHWA	RNV	SELECTIVA	PUNITIVA	PUNITIVA/SELECTIVA (%)	SELECTIVA	PUNITIVA	PUNITIVA/SELECTIVA (%)
4	B2-1	0	458	INCOHERENTE	0	157	INCOHERENTE
4	B3-1	0	311	INCOHERENTE	0	112	INCOHERENTE
4	B4	18 327	66	0.4%	20 216	15	0.1%
4	BA-1	0	0	INCOHERENTE	0	1	INCOHERENTE
4	BA-2 *	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
5	C2	602 990	31 745	5.3%	576 834	39 645	6.9%
6	C3	452 485	48 638	10.7%	429 243	51 213	11.9%
7	C4	41 170	11 319	27.5%	63 800	24 734	38.8%
7	8x4	0	903	INCOHERENTE	0	586	INCOHERENTE
8	T2S1	3 799	1 208	31.8%	3 415	360	10.5%
8	T2S2	16 477	10 391	63.1%	15 910	2 128	13.4%
8	T2Se2	15 258	485	3.2%	16 744	1 354	8.1%
8	T3S1	9 118	624	6.8%	13 511	657	4.9%
9	T2S3	8 502	2 688	31.6%	9 125	3 122	34.2%
9	T2Se3	3 481	1 384	39.8%	2 538	1 868	73.6%
9	T2Se3-a *	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
9	T3S2	170 811	18 854	11.0%	181 219	22 284	12.3%
9	T3Se2	81 589	6 103	7.5%	84 288	12 295	14.6%
10	T3S3	819 029	374 977	45.8%	773 899	429 626	55.5%
10	T3Se3	17 422	171	1.0%	16 149	199	1.2%
11	C2R2	0	745	INCOHERENTE	0	911	INCOHERENTE
11	C2R3	0	27	INCOHERENTE	0	17	INCOHERENTE
11	C3R2	0	5 677	INCOHERENTE	0	7 263	INCOHERENTE
11	C2RB1	0	1 724	INCOHERENTE	0	182	INCOHERENTE
11	C2RB2	0	478	INCOHERENTE	0	349	INCOHERENTE
11	C3RB1	0	782	INCOHERENTE	0	434	INCOHERENTE
11	C3RB2	0	3 260	INCOHERENTE	0	1 793	INCOHERENTE
11	C4RB1	17	39	INCOHERENTE	23	13	56.5%
11	8x4 RB1	6	7	INCOHERENTE	13	1	7.7%
12	C3R3	0	5 248	INCOHERENTE	0	6 229	INCOHERENTE
12	C4R2	2 185	818	37.4%	4 368	2 227	51.0%
12	8x4R2	933	73	7.8%	888	326	36.7%
12	C4RB2	262	147	56.1%	210	67	31.9%
12	8x4 RB2	9	1	11.1%	9	1	11.1%
13	C3R4	0	16	INCOHERENTE	0	2	INCOHERENTE
13	C4R3	128	52	40.6%	178	59	33.1%
13	8x4R3	77	7	9.1%	34	4	11.8%
13	8x4R4	0	0	SIN REGISTRO	1	0	0.0%
13	T3S2 S2	2 574	9	0.3%	1 446	0	0.0%
13	T3 S2 S3 *	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
13	T3 S3 S2 *	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
13	T3 S3 S3 *	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
13	T3Se2 Se2	21	0	0.0%	25	0	0.0%
13	T3S2 S1S2	32	0	0.0%	56	1	1.8%
13	T3 S3 S1 S1 *	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
13	T3 S2 S2 S2 *	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
13	T3 S3 S1 S2 *	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
13	T3 S3 S1 S3 *	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
13	T3 S3 S2 S3 *	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
13	T3Se2 S1Se2	0	0	SIN REGISTRO	0	0	SIN REGISTRO
SIN CLASIFICACIÓN		53 437	-	-	60 211	-	-
TOTAL		2 320 139	529 435	23%	2 274 353	610 235	27%

Nota: (*) Configuraciones vehiculares incorporadas al RNV en diciembre del 2018.

4.4.3. Confiabilidad de datos según el MEPDG.

Como se indicó en el ítem 2.3.4, la guía MEPDG recomienda el número mínimo de días que se debe recolectar datos de tráfico según el nivel de confianza y error estándar que decida el diseñador. Para el tamaño de muestra que se utiliza, se muestra en la Tabla 15 y Tabla 16 que están asociados a una confiabilidad de 99% con un error esperado de $\pm 1\%$. Sin embargo, estos valores de confiabilidad y error estándar que indica el MEPDG solo se basan en la cantidad de días muestreados, pues se asume que son recolectados de manera correcta con equipos calibrados según el programa LTPP. Pero, como se mostró antes, hay errores en la clasificación vehicular en los datos registrados.

El número de días de muestreo se determina con la identificación de los días que se registró a vehículos en cada estación de pesaje. Si bien las estaciones trabajan de manera continua las 24 horas del día durante todo el año, hay algunos días que están cerradas por mantenimiento o calibración de sus equipos.

Tabla 15. Tamaño de muestra para estimar la distribución normalizada de carga por eje

Estación de Pesaje	Tamaño de Muestra (días)	Error esperado para 99% de confiabilidad
SP-N	1081	$\pm 1\%$
SP-S	1092	$\pm 1\%$

Tabla 16. Tamaño de muestra para estimar la distribución normalizada de volumen de camiones

Estación de Pesaje	Tamaño de Muestra		Error esperado para 99% de confiabilidad
	Año	(días)	
SP-N	2017	362	$\pm 1\%$
	2018	353	$\pm 1\%$
	2019	365	$\pm 1\%$
SP-S	2017	361	$\pm 1\%$
	2018	353	$\pm 1\%$
	2019	362	$\pm 1\%$

En la Tabla 15 se considera al total de días en los tres años, pues la distribución normalizada de carga por eje se generará considerando el total de datos; mientras que en la Tabla 16 se considera al número de días por año, pues estos parámetros se generarán para cada año.



CAPÍTULO 5. GENERACIÓN DE PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR EL TRÁNSITO

En el presente capítulo se desarrolla la generación de los parámetros de tráfico que pueden ser obtenidos con los datos registrados en las estaciones de pesaje de Serpentin de Pasamayo, para lo cual se calcula cada parámetro en el formato que se ingresa al software de diseño, utilizando el software Microsoft Excel. Es decir, se ingresa manualmente fórmulas para extraer, ordenar, agrupar y calcular los datos necesarios para cada parámetro.

Los parámetros que caracterizan el tránsito de vehículos para el diseño de pavimentos según el método M-E del AASHTO fueron descritos en el ítem 2.3.3. Estos datos de tráfico se agrupan en tres grupos en la guía MEPDG: datos de entrada específicos de la carretera, datos de entrada extraídos de estaciones de pesaje y datos de entrada no incluidos en datos de estaciones de pesaje.

The screenshot shows the AASHTOWare Pavement ME Design 2.6.0 (US) software interface. The main window is titled 'Project1:Project' and 'Project1:Traffic'. The interface is divided into several panels:

- Explorer:** Shows the project structure, including 'Traffic' and 'Pavement Structure'.
- Vehicle Class Distribution (DE VOLUMEN):** A table showing vehicle classes and their distribution percentages.
- Growth Rate (%) DEL TRÁNSITO:** A table showing growth rates and functions for each vehicle class.
- FACTORES DE DISTRIBUCIÓN MENSUAL:** A table showing monthly distribution factors for each vehicle class.
- NÚMERO DE EJES POR CAMIÓN:** A table showing the number of axles per truck for each vehicle class.
- HOARIO (Time of Day):** A table showing the percentage of traffic for each hour of the day.

Red boxes highlight specific data fields and tables in the interface.

Figura 21. Interfaz para ingresar parámetros de tráfico en AASHTOWare Pavement ME Design

Adaptado de "Pavement Design (Lec 75) - Designing Concrete Pavement by AASHTOWare or MEPDG software", por Islam, M.R., 2020.

Como se muestra en la Figura 21, los parámetros de tráfico se ingresan en el software AASHTOWare Pavement ME Design para cada clase, tipo de eje, hora y mes, según corresponda. Tanto los parámetros de volumen de camiones (AADTT, porcentaje en el carril de diseño, porcentaje en la dirección de diseño, distribución normalizada de volumen, factor de distribución mensual, factor de distribución por horario), como la distribución normalizada de carga por eje se ingresan para un año base, que representa al primer año de vida del pavimento diseñado.

Como se estudia datos de tres años, se generan los parámetros para cada año, y según los resultados obtenidos se determina su valor para el año base como el promedio aritmético o la normalización de los valores obtenidos por año, donde se entiende por normalización a calcular el porcentaje que representa un número respecto del total de datos.

5.1. Datos de entrada específicos de la carretera

5.1.1. Tránsito promedio diario anual inicial de camiones en vías de dos sentidos (AADTT).

El AADTT representa un promedio del número de vehículos pesados que transitan la carretera cada día del año. Es el único valor para la carretera que considera ambas direcciones y todos los carriles. Se calcula como la relación entre el total de vehículos por año y el número de días con registros. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Resultados de AADTT por año

Año	2017	2018	2019
N° total de vehículos en ambas direcciones	2 072 074	1 288 177	1 120 593
N° total de días con registros	361	353	362
AADTT	5740	3649	3096

Se aprecia en la Figura 22 que hay un descenso en el AADTT, resultado poco usual que refleja que cada vez menos vehículos transitan por la zona de estudio. Por ello, se considera que el AADTT para el año base es 3096, por ser el valor más reciente con que se cuenta.

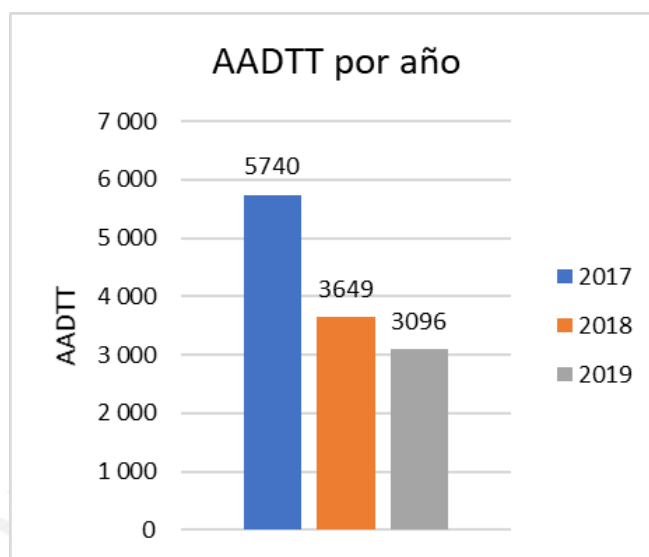


Figura 22. AADTT por año en sector Serpentín de Pasamayo

5.1.2. Número de carriles en la dirección de diseño.

La carretera Panamericana Norte en el sector de Serpentín de Pasamayo tiene dos carriles, uno para cada dirección.

5.1.3. Porcentaje de camiones en el carril de diseño.

El porcentaje de camiones en el carril de diseño se calcula para la clase de camión que más transita en dicha dirección. Es usual que este parámetro no pueda ser calculado a partir de información de estaciones de pesaje fijas, puesto que estas desvían a los vehículos a un carril al costado de la vía principal y no registran a los vehículos en el carril real por el que transitan. Sin embargo, como el tramo en estudio solo cuenta con un carril para cada dirección, los vehículos registrados en cada dirección también representan al total de vehículos que transitan por cada carril.

Este parámetro se calcula como la relación entre el total de vehículos de la clase principal y el total de vehículos que transita en esa dirección. La clase principal es el tipo de vehículo que

más transita por la carretera durante el año. Como se muestra en la Tabla 18, los resultados obtenidos para el año 2017 son muy diferentes a los de los otros años, esto se debe a que en el año 2017 la clase 5 fue la clase principal, a diferencia del año 2018 y 2019 donde fue la clase 10. Por ello, el porcentaje de camiones en el carril de diseño para el año base es el promedio de los valores obtenidos en el año 2018 y 2019.

Tabla 18. Resultados de porcentaje de camiones en el carril de diseño.

	2017	2018	2019	año base
SP-N	33%	41%	44%	43%
SP-S	32%	41%	43%	42%

5.1.4. Porcentaje de camiones en la dirección de diseño.

El porcentaje de camiones en la dirección de diseño se calcula como la relación entre el total de vehículos en una dirección y el total de vehículos en ambas direcciones. En la Tabla 19 se muestran los resultados para cada dirección, donde para el año 2018 y 2019 se obtienen los mismos valores; por ello, el porcentaje de camiones en la dirección de diseño para el año base es el mismo que el obtenido para estos años.

Tabla 19. Resultados de porcentaje de camiones en la dirección de diseño.

	2017	2018	2019	año base
SP-N	50%	51%	51%	51%
SP-S	50%	49%	49%	49%

5.1.5. Velocidad de operación.

Para este parámetro se considera a la velocidad máxima reglamentada para el sector Serpentín de Pasamayo que es 60 kilómetros por hora. La velocidad registrada en la estación de pesaje no es una velocidad real, ya que durante el proceso de pesaje se le indica al conductor que circule como máximo a 40 km/h por la balanza selectiva y a 5 km/h por la balanza punitiva.

5.1.6. Crecimiento del tránsito de camiones.

La tasa y tipo de crecimiento se determina para cada clase de camión, y para calcularlo también se requiere analizar los factores locales y socioeconómicos en correlación a la evolución del tráfico de vehículos pesados. Este análisis no es posible con los datos recopilados de solo tres años. Por ello, se elaboró la Figura 23 en base a los informes de desempeño elaborados por Ositran, donde se indica el total de vehículos pesados que han sido registrados en el peaje de Serpentín de Pasamayo en los últimos años.

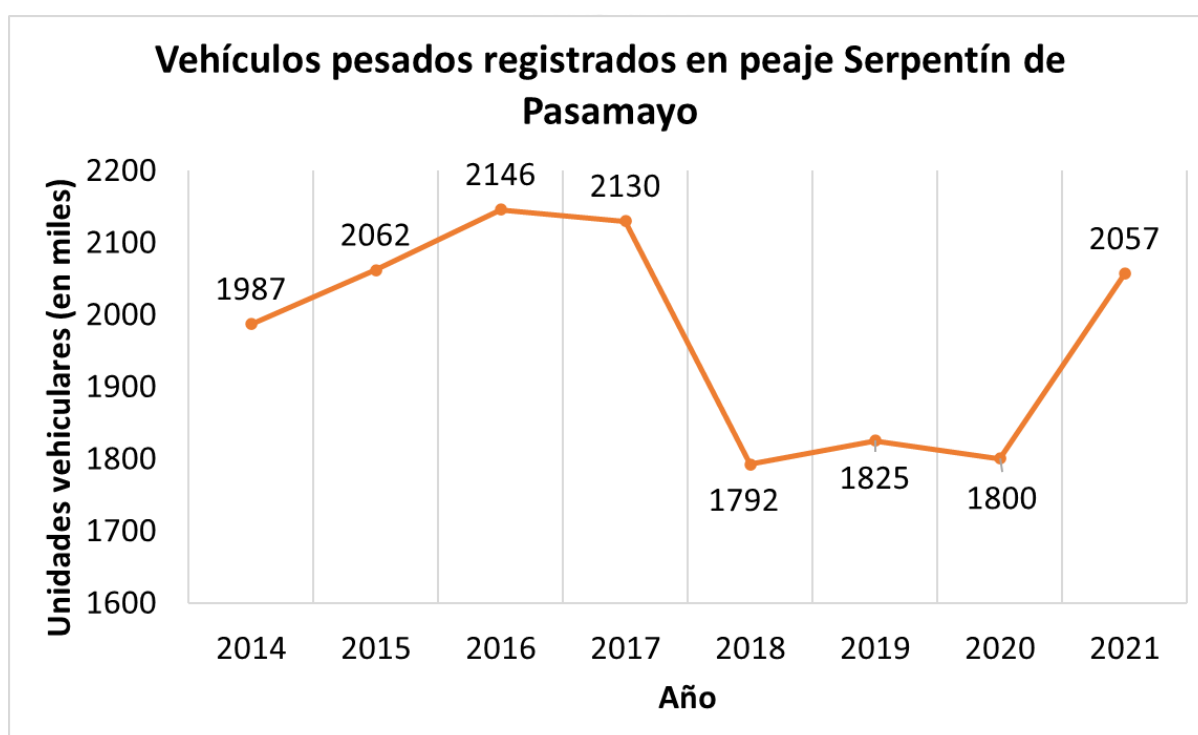


Figura 23. Total de vehículos pesados registrados en peaje de Serpentín de Pasamayo.

Adaptado de “Informe de desempeño 2021. Concesión de la Red Vial N.º 5: Tramo Ancón – Huacho – Pativilca”, por Ositran, 2021, p.16.

En la Figura 23 se observa un crecimiento hasta el año 2016, luego un decrecimiento muy variable hasta el año 2020 y finalmente un gran crecimiento al año 2021; sin embargo, esto no tiene correlación con el crecimiento demográfico y económico que tuvo el país en esos años, como se observa en la Figura 24 de las tasas de variación positivas que tuvo el PBI. Además,

si se considera una tasa negativa no se cumplirá con el Manual de Carreteras del MTC que indica que normalmente las tasas de crecimiento de tráfico varían entre 2 % y 6 %.

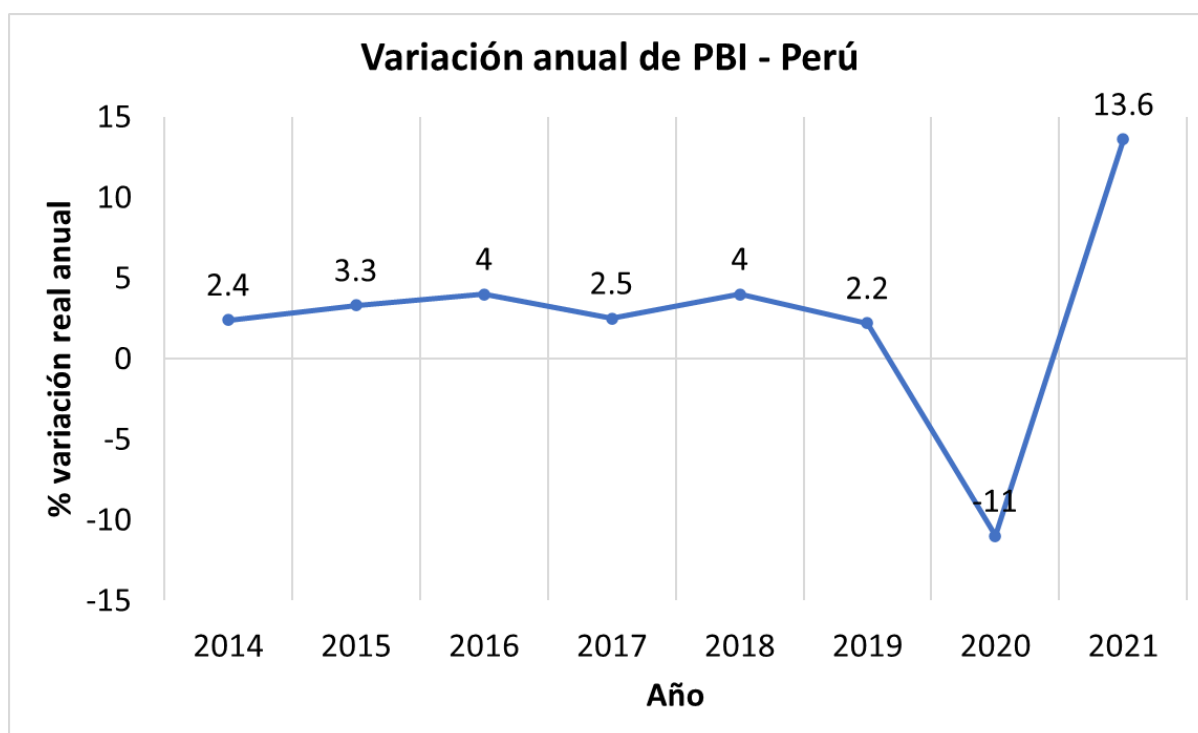


Figura 24. Variación real anual del PBI del Perú 2014-2021.

Adaptado de "PBI (variación porcentual)", por Banco Central de Reserva del Perú, s.f.

Por otro lado, en la información de peaje no se clasifica a los vehículos por su configuración vehicular, sino por su número total de ejes; por ende, no es posible conocer el crecimiento o decrecimiento de cada clase vehicular tal cual lo requiere el software AASHTOWare. Por ello, para obtener un valor confiable del crecimiento del tránsito se requiere un estudio con más información que la registrada en el pesaje y peaje de Serpentín de Pasamayo.

5.2. Datos de entrada extraídos de las estaciones de pesaje en movimiento

5.2.1. Distribución normalizada del volumen de camiones.

La distribución normalizada del volumen de camiones se calcula como la relación entre el total de vehículos de cada clase y el total de vehículos que transitan en el año. Como se muestra en la Tabla 20 y Tabla 21, se obtiene resultados parecidos para los años 2018 y 2019, pero

diferentes con los del año 2017. Por ello, los valores para el año base se obtienen como el promedio de los resultados obtenidos en el año 2018 y 2019.

Tabla 20. Distribución Normalizada del volumen de camiones SP-N

Distribución normalizada de volumen SP-N				
Clase	SP-N 2017	SP-N 2018	SP-N 2019	año base
4	1.63%	0.12%	0.10%	0.11%
5	32.79%	22.82%	19.66%	21.24%
6	21.32%	18.10%	19.62%	18.86%
7	1.43%	2.05%	2.26%	2.15%
8	1.60%	2.26%	2.31%	2.29%
9	10.98%	12.94%	11.44%	12.19%
10	30.00%	41.39%	44.34%	42.87%
11	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12	0.13%	0.16%	0.17%	0.17%
13	0.12%	0.16%	0.09%	0.13%

Tabla 21. Distribución Normalizada del volumen de camiones SP-S

Distribución normalizada de volumen SP-S				
Clase	SP-S 2017	SP-S 2018	SP-S 2019	año base
4	1.83%	0.13%	0.09%	0.11%
5	32.44%	22.95%	17.63%	20.29%
6	21.05%	16.60%	19.49%	18.04%
7	2.15%	3.33%	3.74%	3.54%
8	1.97%	2.37%	2.60%	2.48%
9	11.70%	13.44%	13.00%	13.22%
10	28.59%	40.86%	43.03%	41.94%
11	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12	0.21%	0.25%	0.32%	0.29%
13	0.07%	0.07%	0.11%	0.09%

La marcada diferencia en la distribución del año 2017, respecto a los dos años siguientes, probablemente se deba a la restricción del tránsito de buses por el sector serpentín de Pasamayo desde el año 2018. Estas variaciones anuales en los parámetros de volumen de camiones pueden presentarse, por eso el MEPDG recomienda analizar tres años de datos de clasificación vehicular automática.

5.2.2. Factores de distribución mensual.

Los factores de distribución mensual son 12 valores para cada clase, que establecen que parte del volumen anual transita cada mes del año. Para obtener los factores de cada clase, primero se calcula el AMDTT para cada mes del año, que luego se multiplica por 12 y se divide entre el AADTT anual de la clase.

Al igual que en los otros parámetros de volumen, se identificó que los valores del año 2017 son muy diferentes a los del año 2018 y 2019. Por ello, los factores de distribución mensual que se muestran en la Tabla 22 y Tabla 23 para el año base, se determinaron como el promedio de los resultados obtenidos para el año 2018 y 2019.

Tabla 22. Factores de distribución mensual SP-N para el año base

Mes	Clase									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ene	1.76	1.31	1.06	1.12	1.08	1.18	1.06	2.83	1.24	1.01
feb	1.09	1.35	1.03	1.13	1.14	1.23	1.09	0.92	1.13	1.25
mar	1.50	1.28	1.02	1.08	1.08	1.13	1.07	1.99	1.14	1.43
abr	0.82	1.17	0.99	1.12	1.06	1.13	1.05	0.69	1.14	1.59
may	0.76	0.73	0.90	0.92	0.86	0.79	0.94	0.83	0.95	0.95
jun	1.01	0.78	1.03	1.00	0.97	0.93	1.03	0.86	0.97	0.96
jul	0.97	0.76	1.03	0.98	0.93	0.92	1.00	1.50	0.85	0.99
ago	1.02	0.89	0.99	0.97	0.94	0.95	0.99	0.00	0.95	0.80
set	0.64	0.89	0.90	0.83	0.91	0.86	0.89	0.00	0.91	0.59
oct	0.77	0.97	0.99	0.93	0.99	0.93	0.94	0.00	0.95	0.72
nov	0.86	0.96	1.05	0.97	1.02	0.97	0.98	1.72	0.99	0.85
dic	0.79	0.92	1.01	0.94	1.03	0.97	0.95	0.66	0.78	0.86

Tabla 23. Factores de distribución mensual SP-S para el año base

Mes	Clase									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ene	2.04	1.38	1.04	1.11	1.08	1.19	1.06	0.00	1.05	0.92
feb	0.87	1.39	1.03	0.97	1.18	1.22	1.10	0.00	1.03	1.13
mar	1.06	1.36	1.00	0.90	1.07	1.18	1.06	0.59	0.89	1.02
abr	0.78	1.34	0.99	0.92	1.13	1.20	1.01	0.67	0.98	1.23
may	0.83	0.76	0.87	0.70	0.81	0.80	0.89	1.19	0.71	1.07
jun	0.44	0.84	0.99	0.92	0.86	0.93	1.06	0.00	0.93	1.13
jul	1.03	0.83	0.99	0.93	0.86	0.91	1.01	0.65	0.91	0.90
ago	0.90	0.87	1.04	0.96	1.01	0.95	1.04	0.65	0.96	0.89
set	0.63	0.78	0.96	0.91	0.93	0.86	0.89	1.23	0.92	0.76
oct	1.12	0.84	1.02	1.11	0.96	0.90	0.94	3.13	1.07	1.07
nov	1.16	0.82	1.03	1.35	1.05	0.93	0.97	1.28	1.39	1.00
dic	1.14	0.80	1.03	1.23	1.05	0.92	0.98	2.62	1.16	0.88

5.2.3. Factores de distribución por horario.

Los factores de distribución por horario son 24 valores que establecen que parte del volumen de camiones transita cada hora del día; no hay distinción por clase o por mes. Se calcula cada factor como la relación entre el total de vehículos que transita durante una hora y el total de vehículos que transitan en el año.

Como se aprecia en la Figura 25 y Figura 26, los factores por horario obtenidos para los años 2018 y 2019 tiene valores y tendencias parecidas, a diferencias de los factores del año 2017. Por ello, como se muestra en la Tabla 24 y Tabla 25 los factores por horario para el año base se obtienen como el promedio de los resultados obtenidos en el año 2018 y 2019.

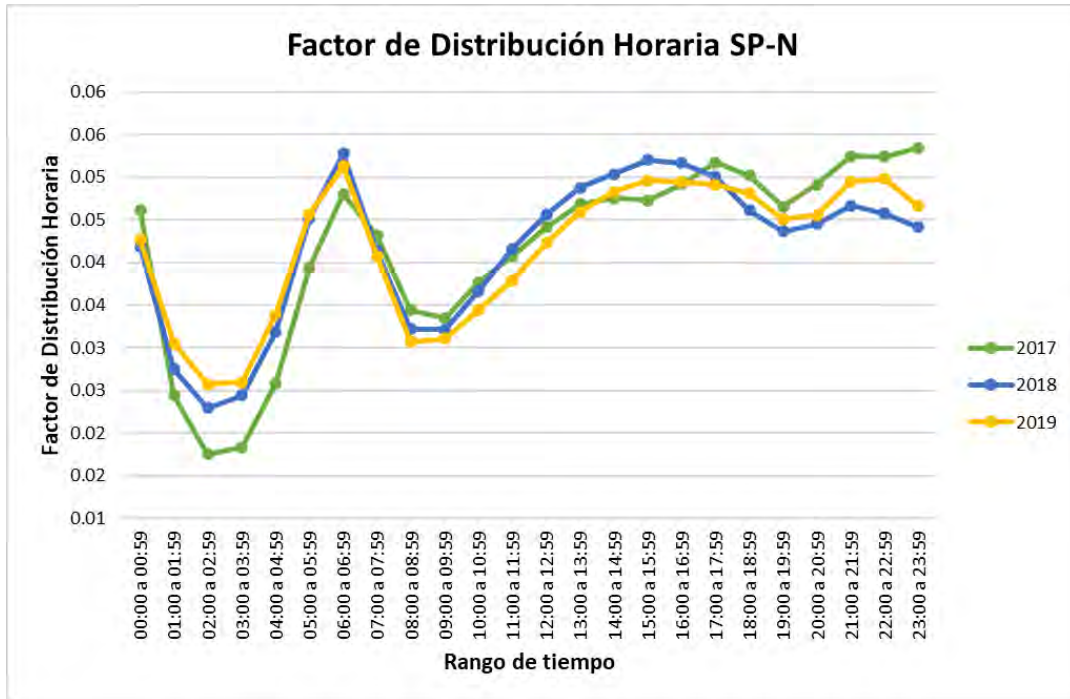


Figura 25. Factores de distribución horaria por año en SP-N

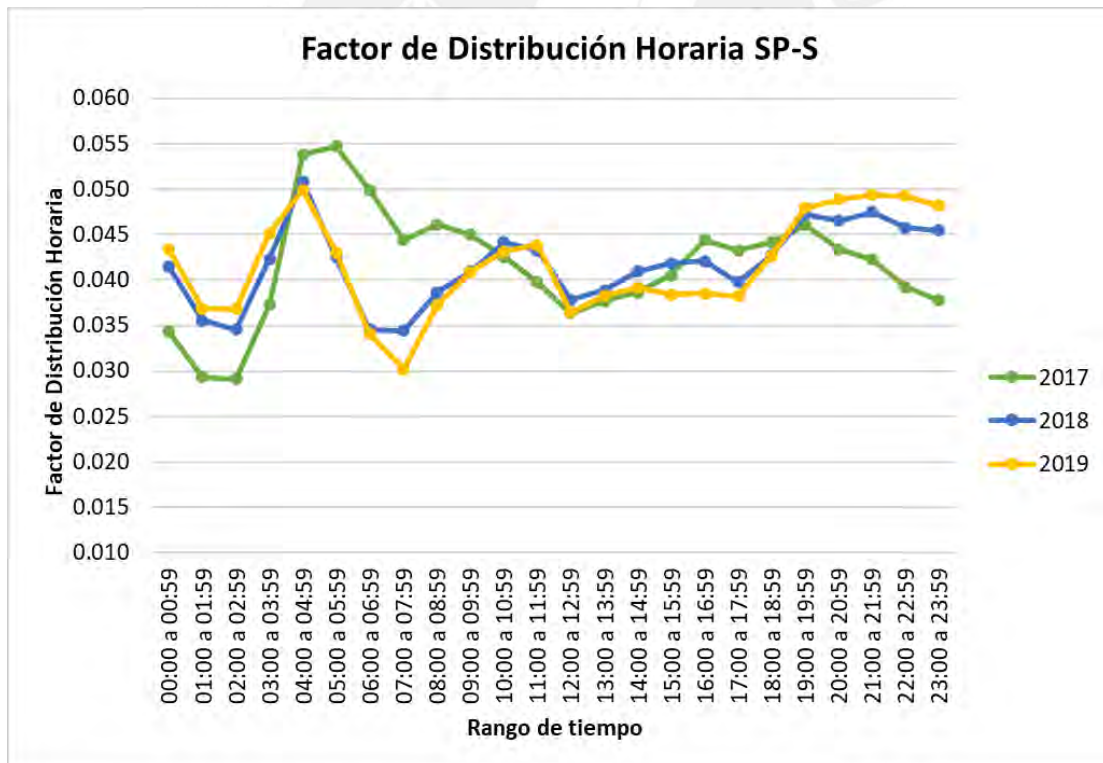


Figura 26. Factores de distribución horaria por año en SP-S

Tabla 24. Factores de distribución horaria SP-N

Factor de Distribución Horaria SP-N				
Rango de tiempo	2017	2018	2019	Año Base
00:00 a 00:59	0.05	0.04	0.04	0.04
01:00 a 01:59	0.02	0.03	0.03	0.03
02:00 a 02:59	0.02	0.02	0.03	0.02
03:00 a 03:59	0.02	0.02	0.03	0.03
04:00 a 04:59	0.03	0.03	0.03	0.03
05:00 a 05:59	0.04	0.05	0.05	0.05
06:00 a 06:59	0.05	0.05	0.05	0.05
07:00 a 07:59	0.04	0.04	0.04	0.04
08:00 a 08:59	0.03	0.03	0.03	0.03
09:00 a 09:59	0.03	0.03	0.03	0.03
10:00 a 10:59	0.04	0.04	0.03	0.04
11:00 a 11:59	0.04	0.04	0.04	0.04
12:00 a 12:59	0.04	0.05	0.04	0.04
13:00 a 13:59	0.05	0.05	0.05	0.05
14:00 a 14:59	0.05	0.05	0.05	0.05
15:00 a 15:59	0.05	0.05	0.05	0.05
16:00 a 16:59	0.05	0.05	0.05	0.05
17:00 a 17:59	0.05	0.05	0.05	0.05
18:00 a 18:59	0.05	0.05	0.05	0.05
19:00 a 19:59	0.05	0.04	0.05	0.04
20:00 a 20:59	0.05	0.04	0.05	0.05
21:00 a 21:59	0.05	0.05	0.05	0.05
22:00 a 22:59	0.05	0.05	0.05	0.05
23:00 a 23:59	0.05	0.04	0.05	0.05

Tabla 25. Factores de distribución horaria SP-S

Factores de Distribución Horaria SP-S				
Rango de tiempo	2017	2018	2019	Año Base
00:00 a 00:59	0.034	0.041	0.043	0.042
01:00 a 01:59	0.029	0.036	0.037	0.036
02:00 a 02:59	0.029	0.035	0.037	0.036
03:00 a 03:59	0.037	0.042	0.045	0.044
04:00 a 04:59	0.054	0.051	0.050	0.050
05:00 a 05:59	0.055	0.043	0.043	0.043
06:00 a 06:59	0.050	0.035	0.034	0.034
07:00 a 07:59	0.044	0.034	0.030	0.032
08:00 a 08:59	0.046	0.039	0.037	0.038
09:00 a 09:59	0.045	0.041	0.041	0.041
10:00 a 10:59	0.043	0.044	0.043	0.044
11:00 a 11:59	0.040	0.043	0.044	0.044
12:00 a 12:59	0.036	0.038	0.036	0.037
13:00 a 13:59	0.038	0.039	0.038	0.039
14:00 a 14:59	0.039	0.041	0.039	0.040
15:00 a 15:59	0.041	0.042	0.038	0.040
16:00 a 16:59	0.044	0.042	0.039	0.040
17:00 a 17:59	0.043	0.040	0.038	0.039
18:00 a 18:59	0.044	0.043	0.043	0.043
19:00 a 19:59	0.046	0.047	0.048	0.048
20:00 a 20:59	0.043	0.047	0.049	0.048
21:00 a 21:59	0.042	0.047	0.049	0.048
22:00 a 22:59	0.039	0.046	0.049	0.048
23:00 a 23:59	0.038	0.045	0.048	0.047

5.2.4. Número de ejes por tipo de camión.

Este parámetro representa el número de ejes promedio en cada tipo de eje que tiene cada clase de camión. Como las clases vehiculares de la FHWA contienen vehículos con diferentes configuraciones de ejes, en este parámetro se ingresa la cantidad de ejes promedio que tiene cada clase.

Se calcula para cada clase, como la relación entre el número total de ejes de cada tipo de eje y el total de vehículos que se registran. Estos valores se calculan considerando todos los datos recopilados, sin hacer diferencias por año. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 26 y Tabla 27, donde se aprecia que hay varias clases que tienen un número definido de ejes de

cada tipo. Por ejemplo, el resultado de la clase 5 es coherente con lo esperado, pues esta clase solo agrupa a los vehículos tipo C2, que presentan únicamente dos ejes simples.

Tabla 26. Número de ejes por tipo de camión para SP-S

Clase	Eje Simple	Eje Tandem	Eje Tridem
4	1.61	0.45	0.00
5	2.00	0.00	0.00
6	1.00	1.00	0.00
7	1.02	0.02	0.98
8	2.68	0.62	0.00
9	1.75	1.48	0.00
10	1.00	1.00	1.00
11	2.68	1.06	0.00
12	2.32	1.45	0.26
13	2.03	1.15	0.89

Tabla 27. Número de ejes por tipo de camión para SP-N

Clase	Eje Simple	Eje Tandem	Eje Tridem
4	1.63	0.45	0.00
5	2.00	0.00	0.00
6	1.00	1.00	0.00
7	1.07	0.07	0.95
8	2.17	0.87	0.00
9	1.56	1.56	0.00
10	1.00	1.00	1.00
11	2.44	1.06	0.00
12	2.13	1.70	0.15
13	1.79	1.68	0.62

5.2.5. Distribuciones normalizadas de carga por eje.

Se generan tres distribuciones normalizadas de carga por eje, una por cada tipo de eje. En cada distribución de carga se determina para cada clase vehicular la frecuencia que presenta en cada rango de carga. Es decir, se indica la frecuencia en que las cargas por eje se encuentran dentro de un rango determinado.

El método M-E del AASHTO establece los rangos de carga mostrados en la Tabla 28 para cada tipo de eje, donde para el eje simple se consideran cargas desde 3 kips hasta 41 kips con intervalos de 1000 libras, para el eje tándem cargas desde 6 kips hasta 82 kips con intervalos

de 2000 libras y para el eje trídem cargas desde 12 kips hasta 105 kips con intervalos de 3000 libras.

Tabla 28. Rangos de carga por tipo de eje

Rango de carga para Eje Simple		Rango de carga para Eje Tándem		Rango de carga para Eje Tridem	
(Kips)	(Toneladas)	(Kips)	(Toneladas)	(Kips)	(Toneladas)
0 a 3	0 a 1.36	0 a 6	0 a 2.72	0 a 12	0 a 5.44
3 a 4	1.36 a 1.81	6 a 8	2.72 a 3.63	12 a 15	5.44 a 6.8
4 a 5	1.81 a 2.27	8 a 10	3.63 a 4.54	15 a 18	6.8 a 8.16
5 a 6	2.27 a 2.72	10 a 12	4.54 a 5.44	18 a 21	8.16 a 9.53
6 a 7	2.72 a 3.18	12 a 14	5.44 a 6.35	21 a 24	9.53 a 10.89
7 a 8	3.18 a 3.63	14 a 16	6.35 a 7.26	24 a 27	10.89 a 12.25
8 a 9	3.63 a 4.08	16 a 18	7.26 a 8.16	27 a 30	12.25 a 13.61
9 a 10	4.08 a 4.54	18 a 20	8.16 a 9.07	30 a 33	13.61 a 14.97
10 a 11	4.54 a 4.99	20 a 22	9.07 a 9.98	33 a 36	14.97 a 16.33
11 a 12	4.99 a 5.44	22 a 24	9.98 a 10.89	36 a 39	16.33 a 17.69
12 a 13	5.44 a 5.9	24 a 26	10.89 a 11.79	39 a 42	17.69 a 19.05
13 a 14	5.9 a 6.35	26 a 28	11.79 a 12.7	42 a 45	19.05 a 20.41
14 a 15	6.35 a 6.8	28 a 30	12.7 a 13.61	45 a 48	20.41 a 21.77
15 a 16	6.8 a 7.26	30 a 32	13.61 a 14.52	48 a 51	21.77 a 23.13
16 a 17	7.26 a 7.71	32 a 34	14.52 a 15.42	51 a 54	23.13 a 24.49
17 a 18	7.71 a 8.16	34 a 36	15.42 a 16.33	54 a 57	24.49 a 25.86
18 a 19	8.16 a 8.62	36 a 38	16.33 a 17.24	57 a 60	25.86 a 27.22
19 a 20	8.62 a 9.07	38 a 40	17.24 a 18.14	60 a 63	27.22 a 28.58
20 a 21	9.07 a 9.53	40 a 42	18.14 a 19.05	63 a 66	28.58 a 29.94
21 a 22	9.53 a 9.98	42 a 44	19.05 a 19.96	66 a 69	29.94 a 31.3
22 a 23	9.98 a 10.43	44 a 46	19.96 a 20.87	69 a 72	31.3 a 32.66
23 a 24	10.43 a 10.89	46 a 48	20.87 a 21.77	72 a 75	32.66 a 34.02
24 a 25	10.89 a 11.34	48 a 50	21.77 a 22.68	75 a 78	34.02 a 35.38
25 a 26	11.34 a 11.79	50 a 52	22.68 a 23.59	78 a 81	35.38 a 36.74
26 a 27	11.79 a 12.25	52 a 54	23.59 a 24.49	81 a 84	36.74 a 38.1
27 a 28	12.25 a 12.7	54 a 56	24.49 a 25.4	84 a 87	38.1 a 39.46
28 a 29	12.7 a 13.15	56 a 58	25.4 a 26.31	87 a 90	39.46 a 40.82
29 a 30	13.15 a 13.61	58 a 60	26.31 a 27.22	90 a 93	40.82 a 42.18
30 a 31	13.61 a 14.06	60 a 62	27.22 a 28.12	93 a 96	42.18 a 43.55
31 a 32	14.06 a 14.52	62 a 64	28.12 a 29.03	96 a 99	43.55 a 44.91
32 a 33	14.52 a 14.97	64 a 66	29.03 a 29.94	99 a 102	44.91 a 46.27
33 a 34	14.97 a 15.42	66 a 68	29.94 a 30.84	102 a 105	46.27 a 47.63
34 a 35	15.42 a 15.88	68 a 70	30.84 a 31.75		
35 a 36	15.88 a 16.33	70 a 72	31.75 a 32.66		
36 a 37	16.33 a 16.78	72 a 74	32.66 a 33.57		
37 a 38	16.78 a 17.24	74 a 76	33.57 a 34.47		
38 a 39	17.24 a 17.69	76 a 78	34.47 a 35.38		
39 a 40	17.69 a 18.14	78 a 80	35.38 a 36.29		
40 a 41	18.14 a 18.6	80 a 82	36.29 a 37.2		

Nota. Adaptado de “Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final Report. NCHRP 1-37A Project, Part 2. Design Inputs. Chapter 4. Traffic”, por ARA, Inc. Eres Consultant Division., 2004b, p. 23.

Como se muestra en la distribución de carga del eje simple en la Figura 27, en el software AASHTOWare se ingresan los valores de distribución para cada clase de vehículo y para cada

mes del año. Por ello, para el cálculo de este parámetro se generó para cada mes la distribución normalizada de carga por eje, tomando los datos de pesaje registrados en ese mes durante los tres años de estudio.

Project1:Project		Project1:Traffic*			Project1:Single													
Month	Class	Total	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000
January	4	100	1.8	0.96	2.91	3.99	6.8	11.47	11.3	10.97	9.88	8.54	7.33	5.55	4.23	3.11	2.54	1.98
January	5	100	10.05	13.21	16.42	10.61	9.22	8.27	7.12	5.85	4.53	3.46	2.56	1.92	1.54	1.19	0.9	0.68
January	6	100	2.47	1.78	3.45	3.95	6.7	8.45	11.85	13.57	12.13	9.48	6.83	5.05	3.74	2.66	1.92	1.43
January	7	100	2.14	0.55	2.42	2.7	3.21	5.81	5.26	7.39	6.85	7.42	8.99	8.15	7.77	6.84	5.67	4.63
January	8	100	11.65	5.37	7.84	6.99	7.99	9.63	9.93	8.51	6.47	5.19	3.99	3.38	2.73	2.19	1.83	1.53
January	9	100	1.74	1.37	2.84	3.53	4.93	8.43	13.67	17.68	16.71	11.57	6.09	3.52	1.91	1.55	1.1	0.88
January	10	100	3.64	1.24	2.36	3.38	5.18	8.35	13.85	17.35	16.21	10.27	6.52	3.94	2.33	1.57	1.07	0.71
January	11	100	3.55	2.91	5.19	5.27	6.32	6.98	8.08	9.68	8.55	7.29	7.16	5.65	4.77	4.35	3.56	3.02
January	12	100	6.68	2.29	4.87	5.86	5.97	8.86	9.58	9.94	8.59	7.11	5.87	6.61	4.55	3.63	2.56	2
January	13	100	8.88	2.67	3.81	5.23	6.03	8.1	8.35	10.69	10.69	11.11	7.32	3.78	3.1	2.58	1.52	1.32
February	4	100	1.8	0.96	2.91	3.99	6.8	11.47	11.31	10.97	9.88	8.54	7.32	5.55	4.23	3.11	2.54	1.98
February	5	100	10.03	13.21	16.41	10.61	9.24	8.27	7.12	5.85	4.54	3.46	2.56	1.92	1.54	1.19	0.9	0.68
February	6	100	2.47	1.78	3.45	3.95	6.7	8.45	11.87	13.57	12.13	9.47	6.82	5.05	3.74	2.66	1.92	1.43
February	7	100	2.14	0.55	2.42	2.7	3.21	5.81	5.26	7.38	6.85	7.41	8.99	8.16	7.78	6.84	5.67	4.63
February	8	100	11.65	5.37	7.83	6.99	7.99	9.64	9.93	8.51	6.47	5.19	3.99	3.39	2.73	2.19	1.83	1.53
February	9	100	1.74	1.37	2.84	3.53	4.93	8.43	13.68	17.68	16.71	11.56	6.09	3.52	1.91	1.55	1.1	0.88
February	10	100	3.64	1.24	2.36	3.38	5.18	8.34	13.85	17.35	16.21	10.28	6.52	3.94	2.33	1.57	1.07	0.71
February	11	100	3.55	2.91	5.19	5.27	6.33	6.98	8.08	9.68	8.55	7.28	7.16	5.65	4.77	4.35	3.56	3.02
February	12	100	6.68	2.29	4.88	5.87	5.98	8.86	9.58	9.95	8.61	7.09	5.86	6.58	4.55	3.63	2.56	2
February	13	100	8.88	2.67	3.81	5.23	6.04	8.1	8.35	10.69	10.69	11.11	7.31	3.78	3.1	2.58	1.52	1.32
March	4	100	1.8	0.96	2.91	3.99	6.81	11.45	11.31	10.97	9.88	8.54	7.33	5.55	4.23	3.11	2.54	1.98
March	5	100	10.04	13.21	16.41	10.59	9.23	8.28	7.13	5.86	4.53	3.46	2.56	1.92	1.54	1.19	0.9	0.68
March	6	100	2.47	1.78	3.45	3.95	6.7	8.44	11.87	13.57	12.14	9.47	6.82	5.05	3.74	2.66	1.92	1.43
March	7	100	2.14	0.55	2.42	2.7	3.21	5.81	5.26	7.38	6.85	7.43	8.99	8.15	7.77	6.84	5.67	4.63
March	8	100	11.64	5.36	7.83	6.99	7.99	9.64	9.94	8.52	6.47	5.19	3.99	3.38	2.73	2.19	1.83	1.53
March	9	100	1.74	1.37	2.84	3.53	4.93	8.43	13.66	17.68	16.71	11.58	6.09	3.52	1.91	1.55	1.1	0.88

Figura 27. Ingreso de distribución de carga por eje en software

Tomado de "Pavement Design (Lec 75) - Designing Concrete Pavement by AASHTOWare or MEPDG software", por Islam, M.R., 2020.

Para calcular este parámetro se toman los datos de tipo de vehículo, peso en cada eje y peso en cada conjunto de ejes, registrados en los reportes de pesaje punitivo, con los cuales se sigue un procedimiento programado en Visual Basic for Applications de Microsoft Excel, que consta de las siguientes etapas:

1. Ubicar los datos de pesaje en su clase vehicular, según la equivalencia entre la clasificación del RNV y de la FHWA.
2. Identificar el tipo de eje de las cargas por eje, según la configuración vehicular del vehículo pesado.

Esto se realiza porque en los reportes de pesaje se registra la carga en cada eje de un vehículo, pero sin señalar si es un eje simple, tándem o tridem. Por ello, en esta etapa

se sigue lo establecido en la Tabla 29, que señala para cada tipo de vehículo a que tipo de eje corresponden sus cargas por eje.

Tabla 29. Tipo de ejes que tiene cada tipo de vehículo

CLASE						
FHWA	RNV	Eje delantero	1er Conjunto de ejes	2do Conjunto de ejes	3er Conjunto de ejes	4to Conjunto de ejes
4	B2-1	Simple	Simple			
4	B3-1	Simple	Tándem			
4	B4	Dos Simples	Tándem			
4	BA-A	Simple	Simple	Simple		
5	C2	Simple	Simple			
6	C3	Simple	Tándem			
7	C4	Simple	Tridem			
7	8x4	Dos Simples	Tándem			
8	T2S1	Simple	Simple	Simple		
8	T2S2	Simple	Simple	Tándem		
8	T2Se2	Simple	Simple	Simple	Simple	
8	T3S1	Simple	Tándem	Simple		
9	T2S3	Simple	Simple			
9	T2Se3	Simple	Simple	Tándem		
9	T3S2	Simple	Tándem	Tándem		
9	T3Se2	Simple	Tándem	Simple	Simple	
10	T3S3	Simple	Tándem	Tridem		
10	T3Se3	Simple	Tándem	Simple	Tándem	
11	C2R2	Simple	Simple	Simple	Simple	
11	C2R3	Simple	Simple	Simple	Tándem	
11	C3R2	Simple	Tándem	Simple	Simple	
11	C2RB1	Simple	Simple	Simple		
11	C2RB2	Simple	Simple	Tándem		
11	C3RB1	Simple	Tándem	Simple		
11	C3RB2	Simple	Tándem	Tándem		
11	C4RB1	Simple	Tridem	Simple		
11	8x4 RB1	Dos Simples	Tándem	Simple		
12	C3R3	Simple	Tándem	Simple	Tándem	
12	C4R2	Simple	Tridem	Simple	Simple	
12	8x4R2	Dos Simples	Tándem	Simple	Simple	
12	C4RB2	Simple	Tridem	Tándem		
12	8x4 RB2	Dos Simples	Tándem	Tándem		
13	C3R4	Simple	Tándem	Tándem	Tándem	
13	C4R3	Simple	Tridem	Simple	Tándem	
13	8x4R3	Dos Simples	Tándem	Simple	Tándem	
13	T3S2 S2	Simple	Tándem	Tándem	Tándem	
13	T3S2 S1S2	Simple	Tándem	Tándem	Simple	Tándem

Nota. Tomado de “Reglamento Nacional de Vehículos”, por MTC, 2003.

3. Contar el número de ejes cuya carga está dentro de cada rango de carga.

Esto se realiza para cada tipo de eje considerando los rangos de carga que se mostraron en la Tabla 28.

4. Calcular la relación entre el número de ejes en cada rango y el número total de ejes (normalizar).

Como los datos utilizados son del pesaje en balanza punitiva se debe tener en cuenta que, en primer lugar, por esta balanza pasan los vehículos que tuvieron exceso de PBV en el pesaje selectivo; y en segundo lugar, por esta balanza puede pasar un mismo vehículo varias veces luego de descargar o reestibar su carga. Lo ideal para calcular este parámetro es trabajar con datos de peso por eje registrados en la balanza selectiva, pero en los reportes de este pesaje solo se registra el PBV y no el peso por eje. Si bien los resultados obtenidos son conservadores respecto a las cargas reales, estos no dejan de ser correctos, pues la balanza punitiva es más precisa y los datos de pesaje y clasificación vehicular son verificados desde la caseta de control.

En los Anexos se muestran los resultados obtenidos para distribución de carga por eje, para los tres tipos de ejes, en el formato y orden que se ingresan los valores de este parámetro en el software.

La representación más conocida de la distribución de cargas por eje son los espectros de carga, los cuales son una representación gráfica en forma de histograma de la distribución de carga. A continuación, de la Figura 28 a la Figura 33 se muestran los espectros de carga por tipo de eje de las tres clases vehiculares que más transitan por el sector Serpentín de Pasamayo. En estos gráficos se destaca que la forma que tienen los espectros de carga globales de cada estación de pesaje es similar, pero no idéntica. En el siguiente capítulo se realiza un análisis completo a los espectros de carga obtenidos.



Figura 28. Espectro de carga, eje simple, clase 10

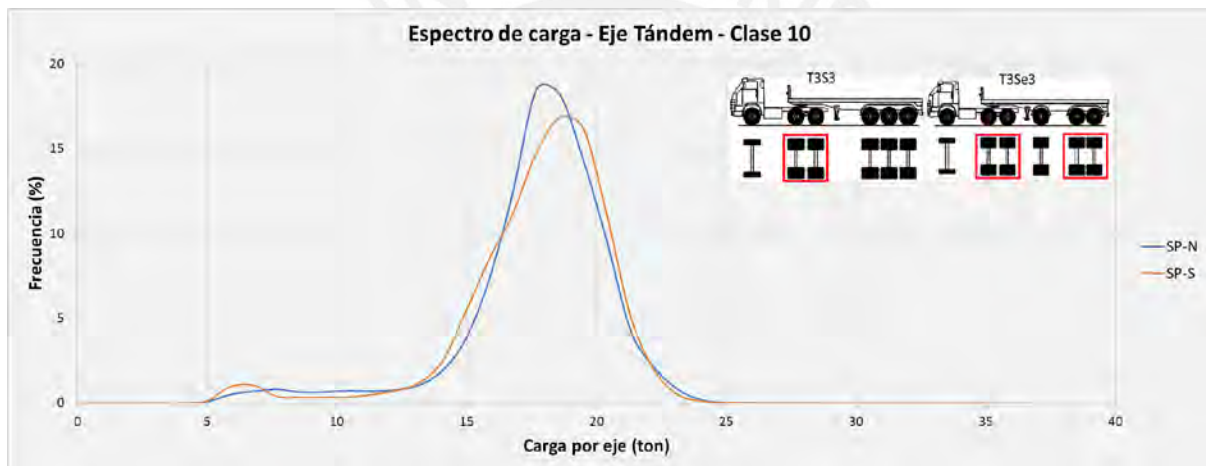


Figura 29. Espectro de carga, eje tándem, clase 10

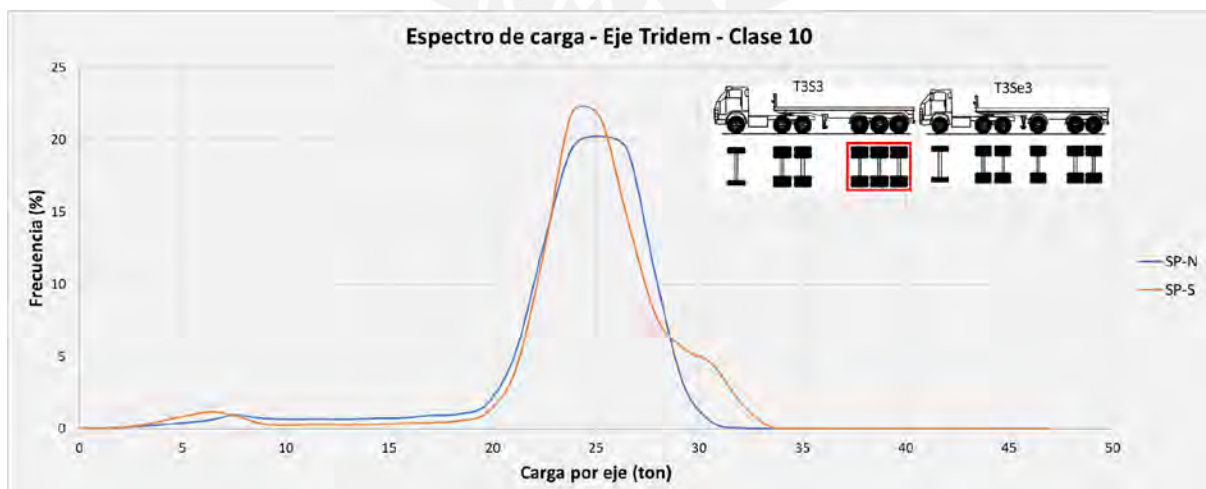


Figura 30. Espectro de carga, eje tridem, clase 10



Figura 31. Espectro de carga, eje simple, clase 5



Figura 32. Espectro de carga, eje simple, clase 6

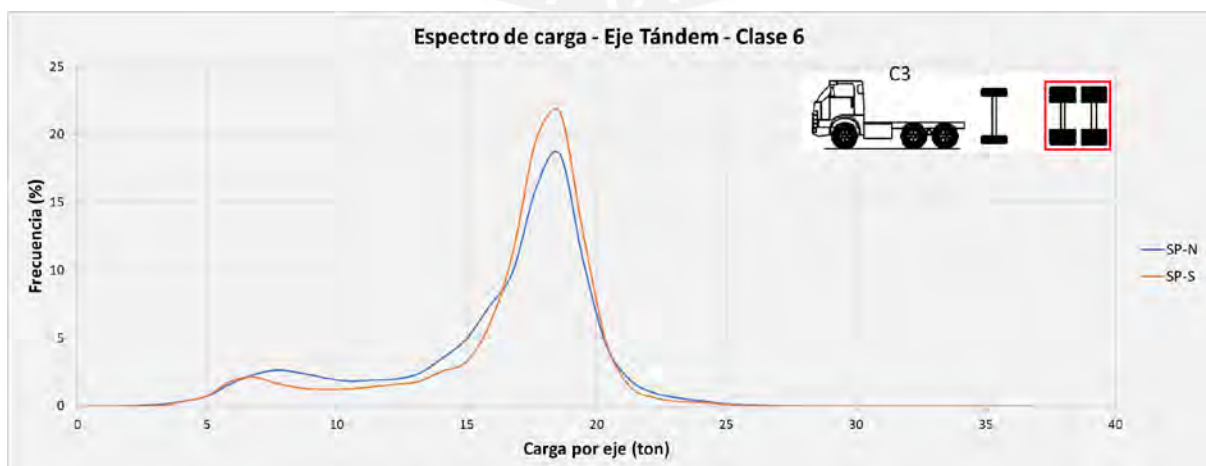


Figura 33. Espectro de carga, eje tándem, clase 6

5.3. Datos de entrada no incluidos en los datos de estaciones de pesaje

Como el objetivo es caracterizar el tránsito de vehículos pesados que circulan por el sector Serpentín de Pasamayo, a partir de la información registrada en las estaciones de pesaje SP-N y SP-S, se ha calculado todos los parámetros que se pueden generar con esta información. Por consiguiente, los datos de entrada no incluidos en datos de pesaje, que son parámetros referentes a la geometría de los vehículos y sus ejes, no han sido generados.

En el Perú no se tiene estudios de la geometría de camiones que circulan por la red vial nacional; por ello, para estos parámetros se consideran los valores por defecto que recomienda el método M-E del AASHTO. Estos valores se basan en las características del tráfico de Estados Unidos, y fueron utilizados en la calibración del método.

En la Tabla 30 se muestran los valores por defecto con un nivel de entrada 3, nivel asociado a un pobre conocimiento de las características del tráfico. La descripción y valor por defecto de estos parámetros también se indicó en el ítem 2.3.3.3.

Tabla 30. Datos de entrada no incluidos en datos de pesaje

Parámetro		Valor por defecto (nivel 3)
Ancho promedio del eje (metros)		2.59
Separación entre neumáticos duales (milímetros)		305
Presión del neumático (Kpa)		827.4
Separación entre ejes	separación en eje tándem (metros)	1.31
	separación en eje tridem (metros)	1.25
Ubicación promedio del neumático (milímetros)		460
Ancho del carril (metros)		3.7
Zigzagado lateral de las cargas por eje (milímetros)		254
Distancia entre ejes del camión	espacio promedio en camiones cortos (metros)	3.66
	espacio promedio en camiones medianos (metros)	4.57
	espacio promedio en camiones largos (metros)	5.49
	porcentaje de camiones cortos	17%
	porcentaje de camiones medianos	22%
	porcentaje de camiones largos	61%

Nota. Adaptado de “Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final Report. NCHRP 1-37A Project, Part 2. Design Inputs. Chapter 4. Traffic”, por ARA, Inc. Eres Consultant Division., 2004b.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE ESPECTROS DE CARGA POR EJE

Los espectros de carga por eje son una representación de las cargas de tráfico, que distingue al método mecanístico-empírico del AASHTO de otros métodos de diseño de pavimentos. Destacan porque a diferencia del ESAL (parámetro muy usado para cuantificar las cargas que actúan sobre el pavimento), con los espectros de carga se conoce las cargas reales que transmite cada eje de cada tipo de vehículo al pavimento.

Como se tiene hasta tres espectros de carga para cada una de las diez clases vehiculares, en el presente capítulo se analiza mediante diferentes comparaciones a los espectros de carga de las tres clases vehiculares que circulan más por la zona en estudio. Estas son la clase 10, clase 5 y clase 6, que representan un 42 %, 20 % y 18 %, respectivamente, del volumen vehicular anual.

En este análisis gráfico se compara la forma de los espectros de carga, normalizados para periodos mensuales y anuales; con el fin de observar diferencias o similitudes que se presenten en estos periodos. Además, se comparan los espectros globales de cada estación, con los espectros que incluye por defecto el software de diseño, para observar las diferencias entre las cargas de camiones que transitan por Serpentín de Pasamayo, con las cargas de camiones estadounidenses.

6.1. Comparación entre meses

En las siguientes figuras se muestran los espectros de carga normalizados para cada mes del año, de las tres clases más representativas. Estos espectros son la representación gráfica de los datos introducidos en software para cada tipo de eje. Cada gráfico tiene dos líneas verticales, la primera marca el peso máximo permitido para un eje con ruedas simples, y la segunda marca el peso máximo permitido para un eje con ruedas dobles. Los pesos máximos por tipo de eje están establecidos en el RNV, indicados en el ítem 3.3.2.

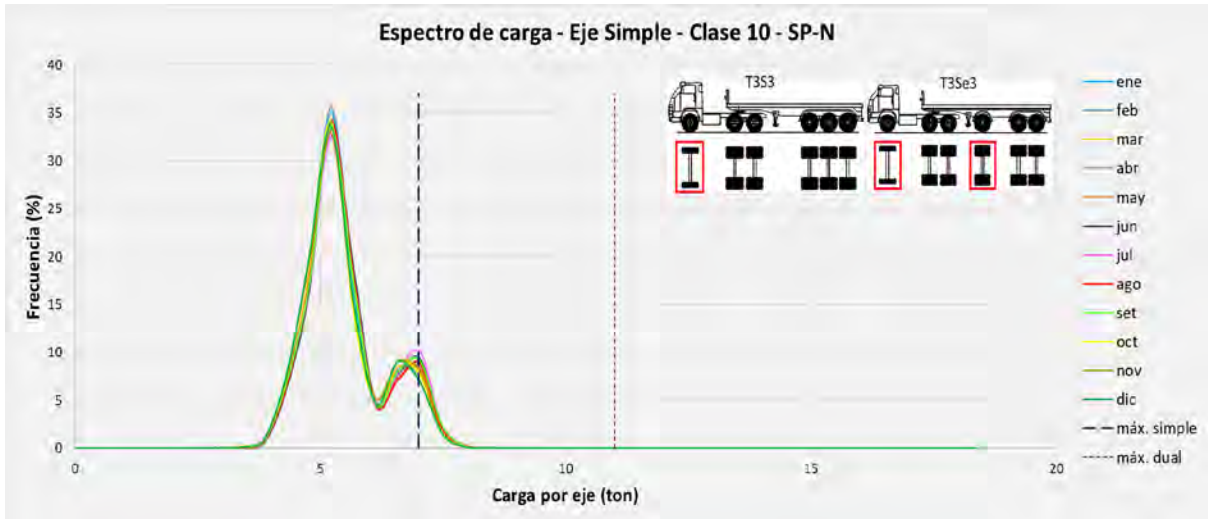


Figura 34. Espectro de carga, eje simple, clase 10, SP-N

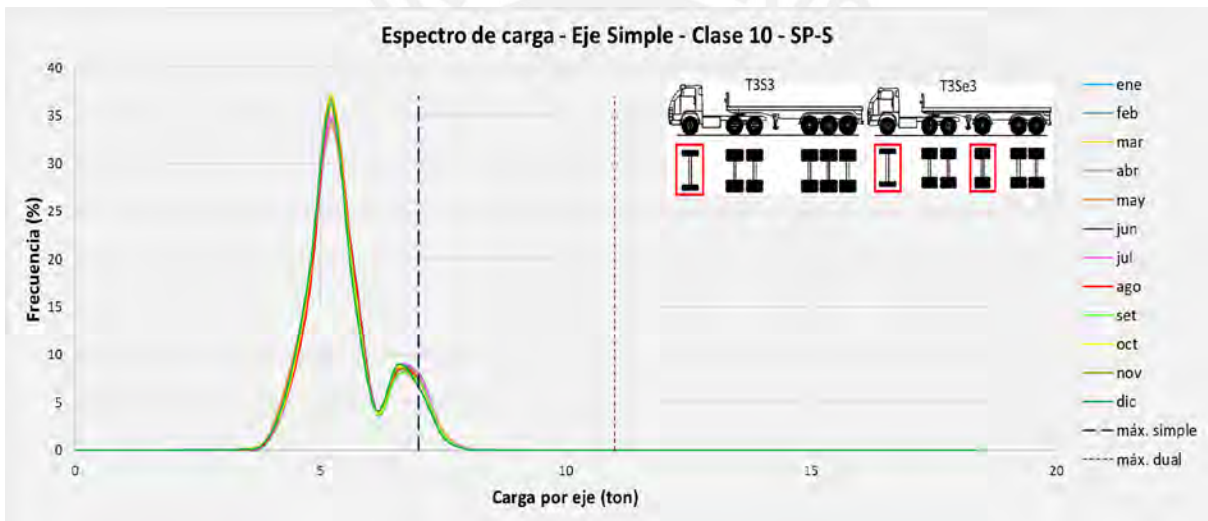


Figura 35. Espectro de carga, eje simple, clase 10, SP-S

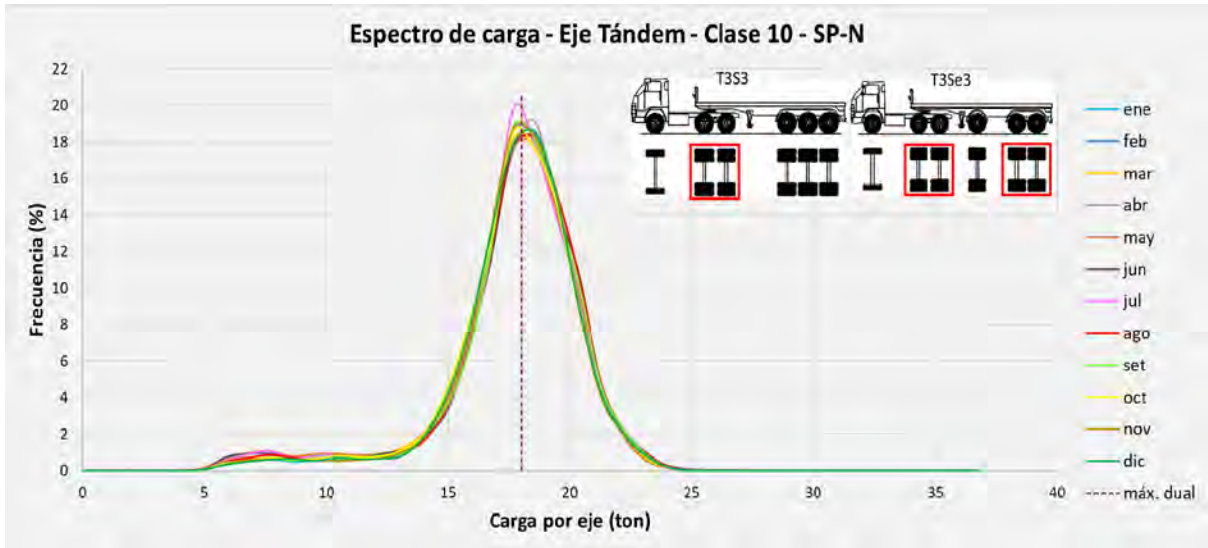


Figura 36. Espectro de carga, eje tándem, clase 10, SP-N

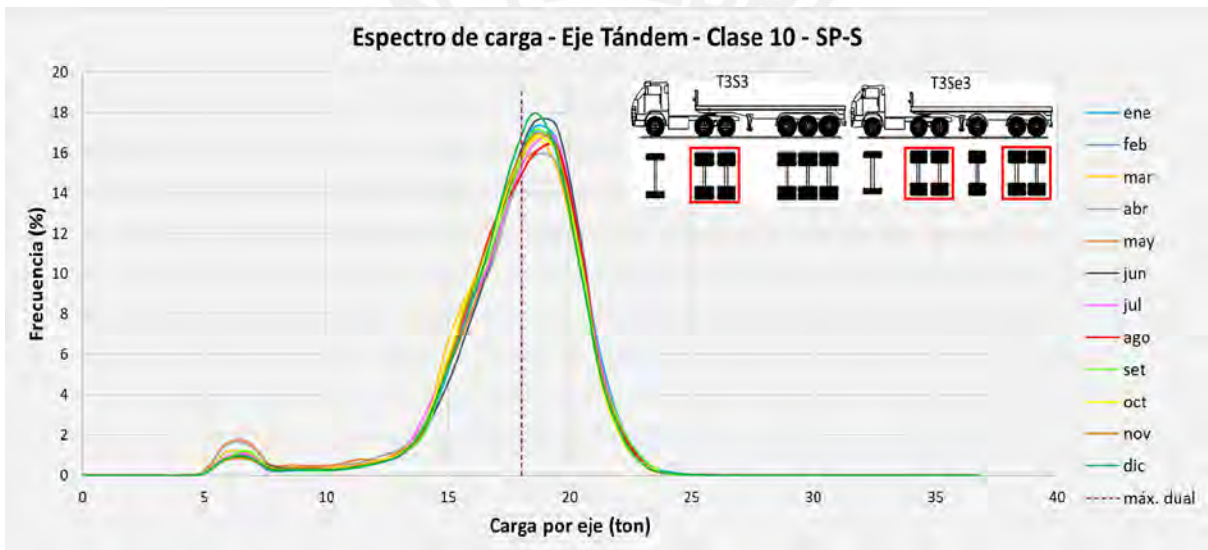


Figura 37. Espectro de carga, eje tándem, clase 10, SP-S

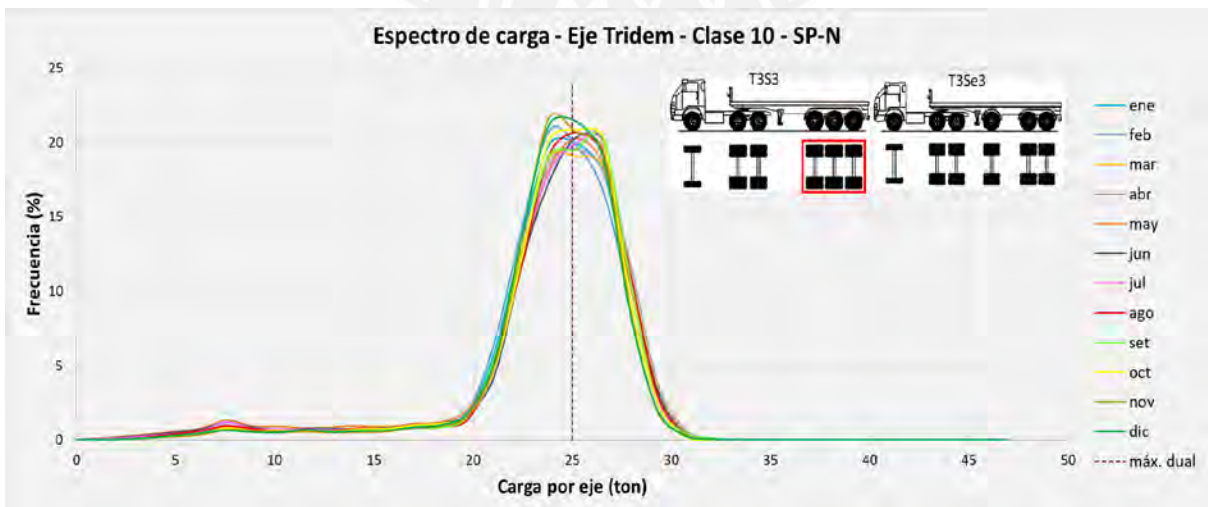


Figura 38. Espectro de carga, eje trídem, clase 10, SP-N

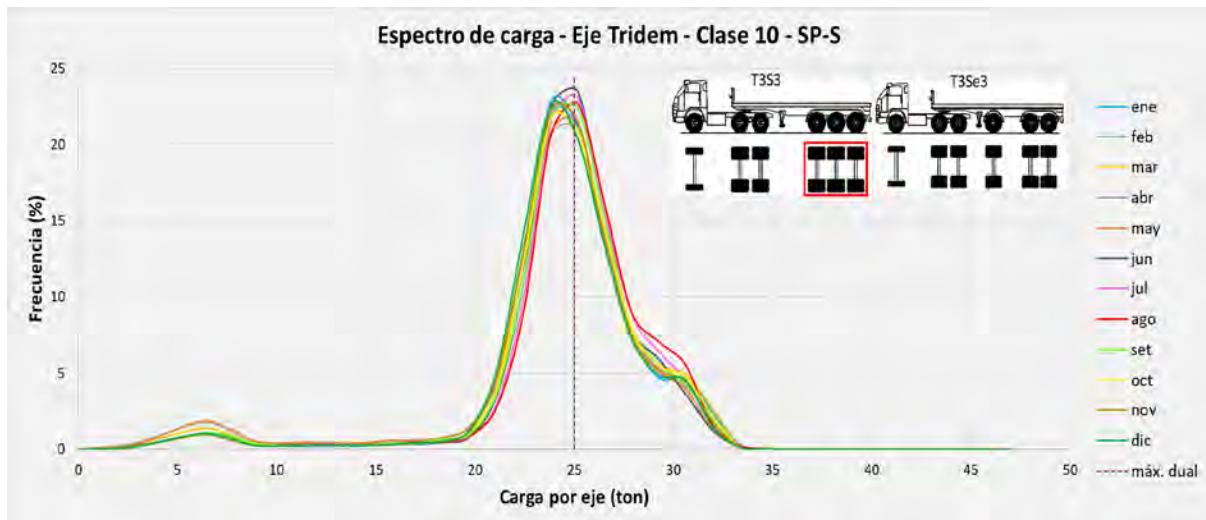


Figura 39. Espectro de carga, eje trídem, clase 10, SP-S

Para la clase 10 se observa que los espectros para cada mes son muy similares entre sí. Para los ejes simples, Figura 34 y Figura 35, se observa que la mayoría de cargas no superan el peso máximo, mientras que para los ejes tándem, Figura 36 y Figura 37, y los ejes tridem, Figura 38 y Figura 39, se observa que gran cantidad de cargas exceden el peso máximo permitido. Además, en estos últimos se observa una frecuencia de aproximadamente 1 % para cargas de 7 toneladas, las cuales deben ser de vehículos sin carga, que presentan poca frecuencia porque los datos trabajados son de vehículos con exceso de peso bruto en la balanza selectiva.

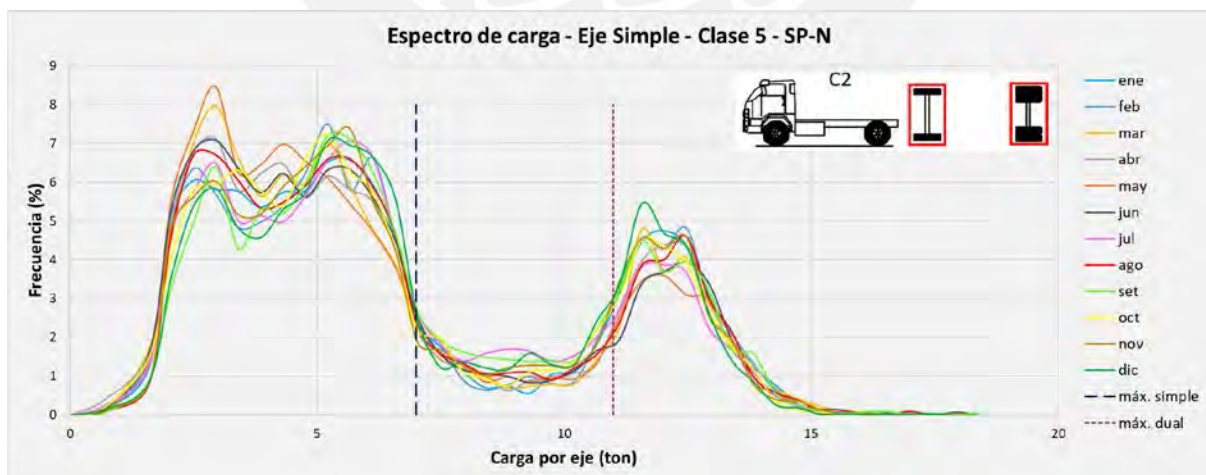


Figura 40. Espectro de carga, eje simple, clase 5, SP-N

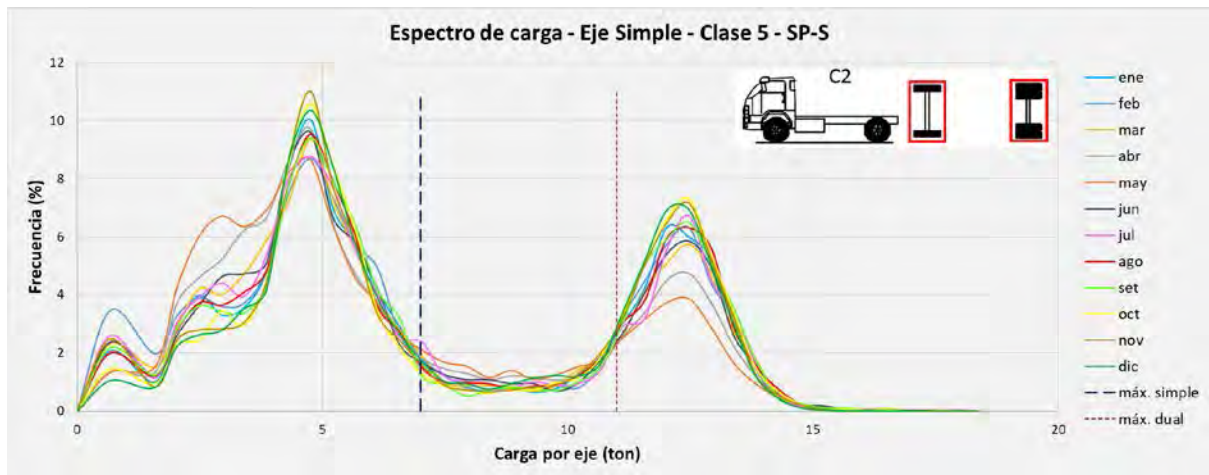


Figura 41. Espectro de carga, eje simple, clase 5, SP-S

Para la clase 5 se observa que los espectros para cada mes tienen forma parecida; es decir, en todos los meses se registra que la mayoría de los ejes simple tienen cargas alrededor de 4 o 13 toneladas. Además, se observa que se presentan dos picos, el primero debe corresponder a los ejes con ruedas simples y el segundo a los ejes con ruedas dobles, donde este segundo pico es de cargas superiores a las 11 toneladas máximas que se permiten para ejes simples con ruedas dobles.

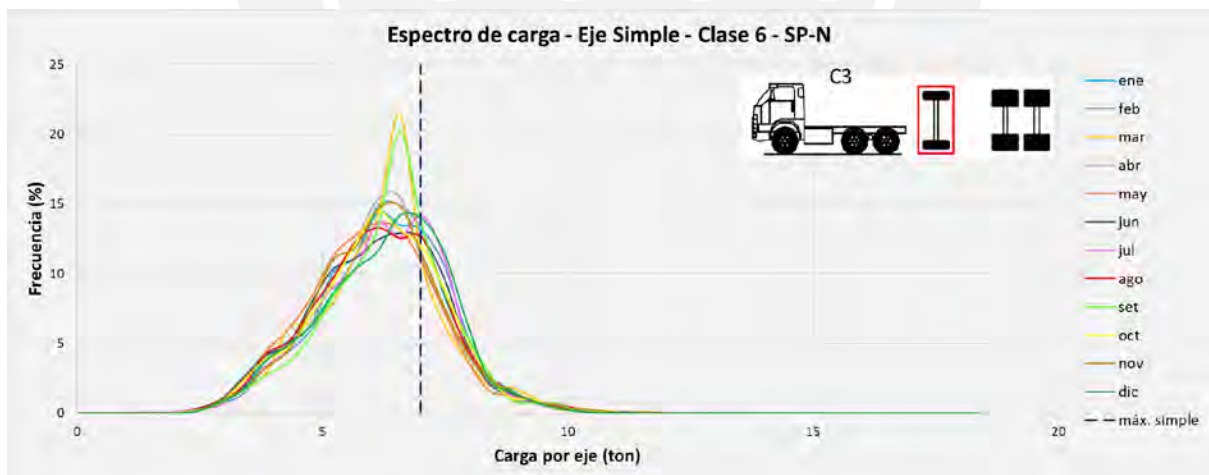


Figura 42. Espectro de carga, eje simple, clase 6, SP-N

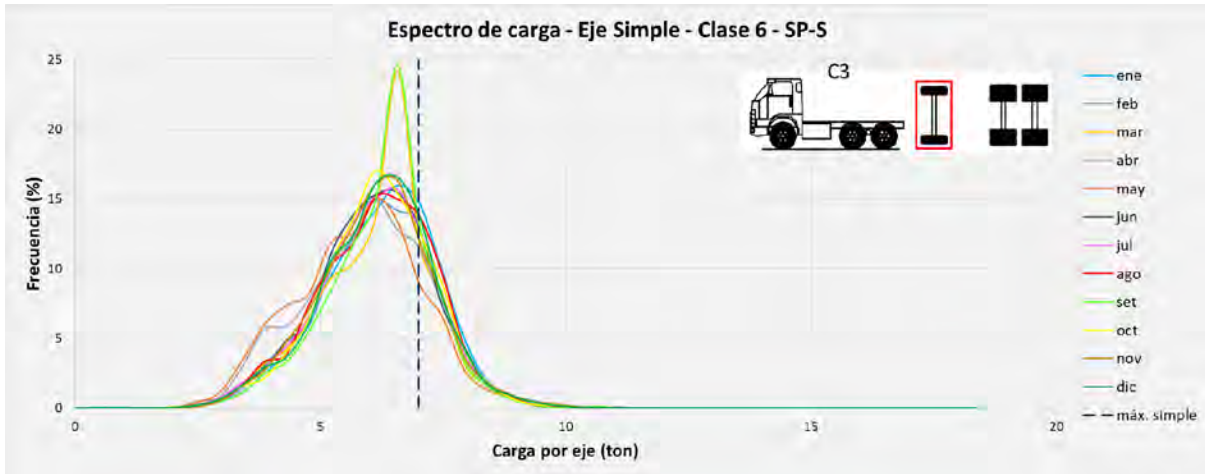


Figura 43. Espectro de carga, eje simple, clase 6, SP-S

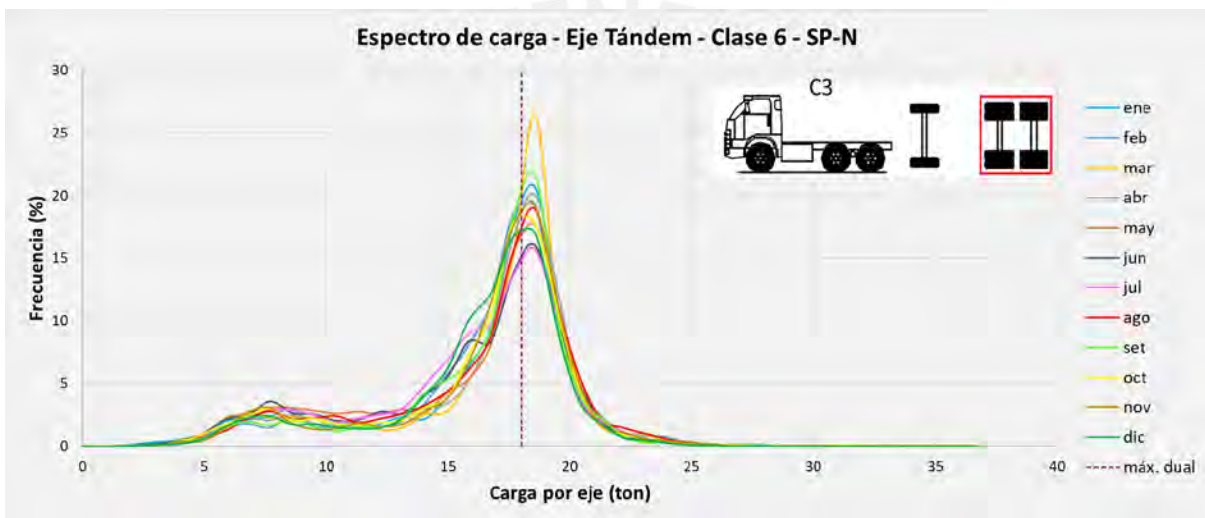


Figura 44. Espectro de carga, eje tándem, clase 6, SP-N

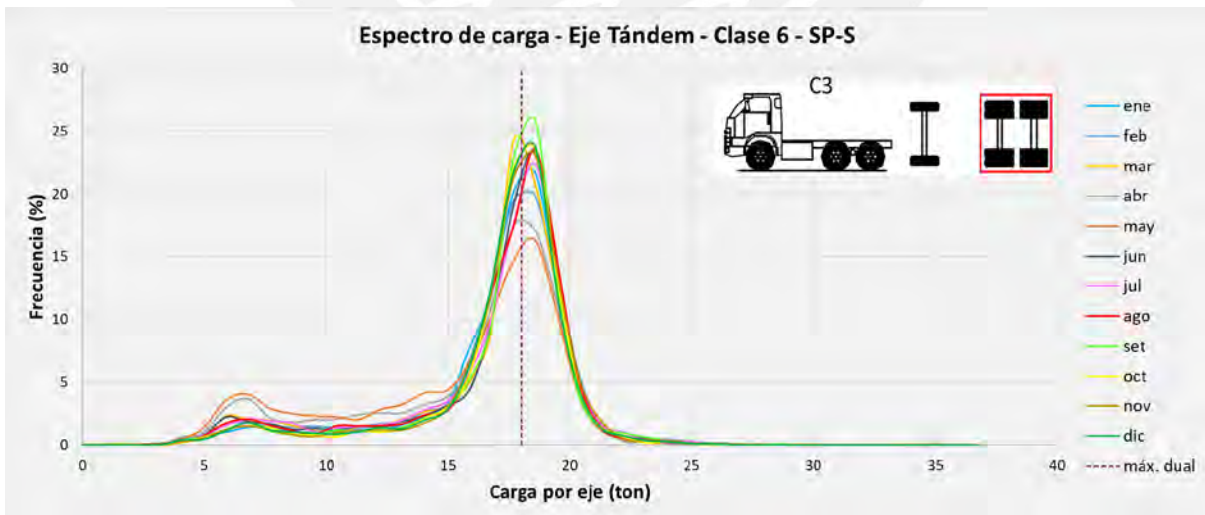


Figura 45. Espectro de carga, eje tándem, clase 6, SP-S

Para la clase 6 se observa que los espectros para cada mes tienen forma parecida, con ligeras diferencias en la posición horizontal y vertical de algunos picos, sobre todo en los meses de

marzo y setiembre que presentan picos más elevados. Además, en los ejes tándem, Figura 44 y Figura 45, se observa que hay gran cantidad de cargas superiores al peso máximo permitido de 18 toneladas.

En resumen, en primer lugar, de la comparación entre meses se ha identificado que los espectros de cada mes no presentan grandes diferencias entre sí, pero no son exactamente iguales, sobre todo en las clases 5 y 6. Estas ligeras diferencias en algunos meses sí son consideradas, pues en el software se introduce las distribuciones de carga por tipo de eje y clase vehicular para cada mes del año.

En segundo lugar, se ha identificado que el peso máximo para eje simple es superado por los vehículos clase 5, y que el peso máximo para eje tándem y eje trídem es superado por los vehículos clase 6 y clase 10. Estos resultados son esperables dado que las cargas consideradas son de vehículos que tuvieron exceso de PBV en el pesaje selectivo.

6.2. Comparación entre años

En las siguientes figuras se muestran los espectros normalizados para cada año de cada una de las clases más representativas. En estos gráficos también se indica a los pesos máximos permitidos para cada tipo de eje.

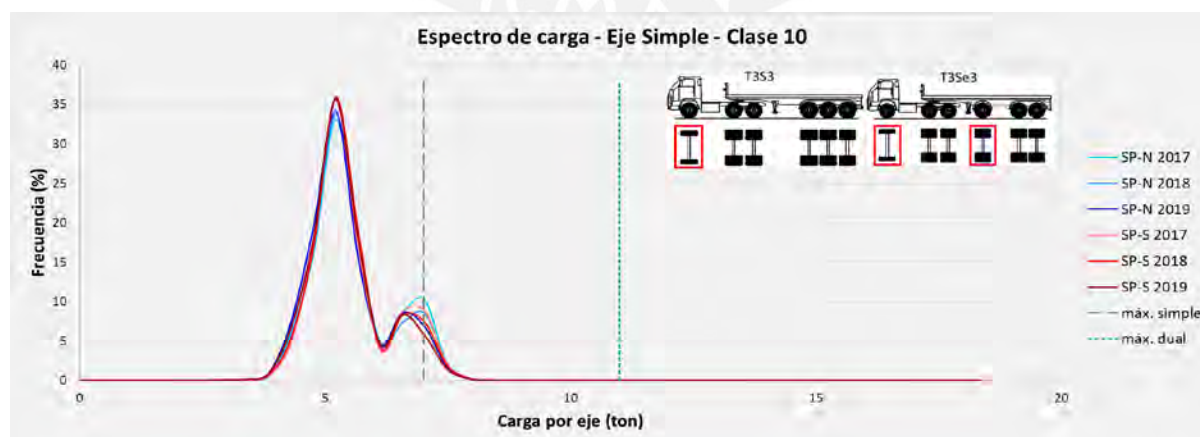


Figura 46. Espectro de carga, eje simple, clase 10

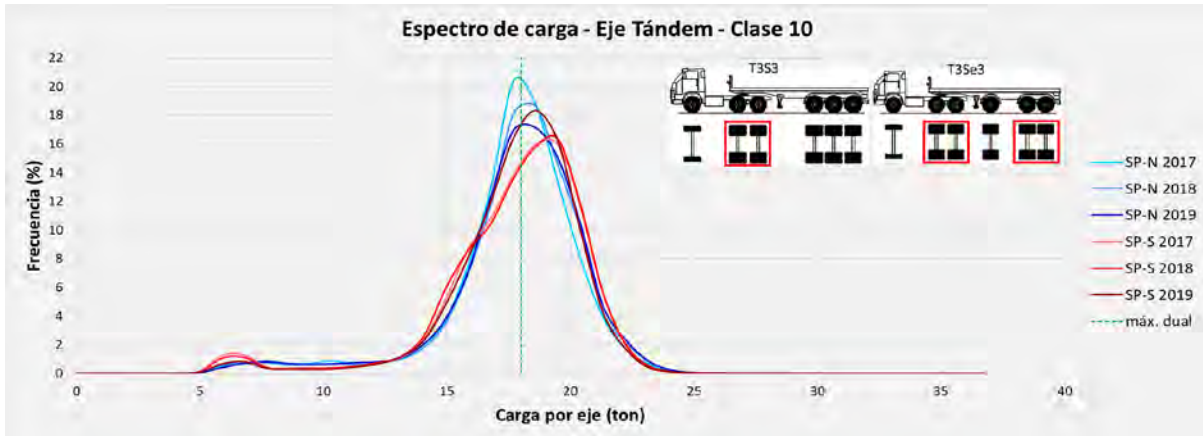


Figura 47. Espectro de carga, eje tándem, clase 10



Figura 48. Espectro de carga, eje trídem, clase 10

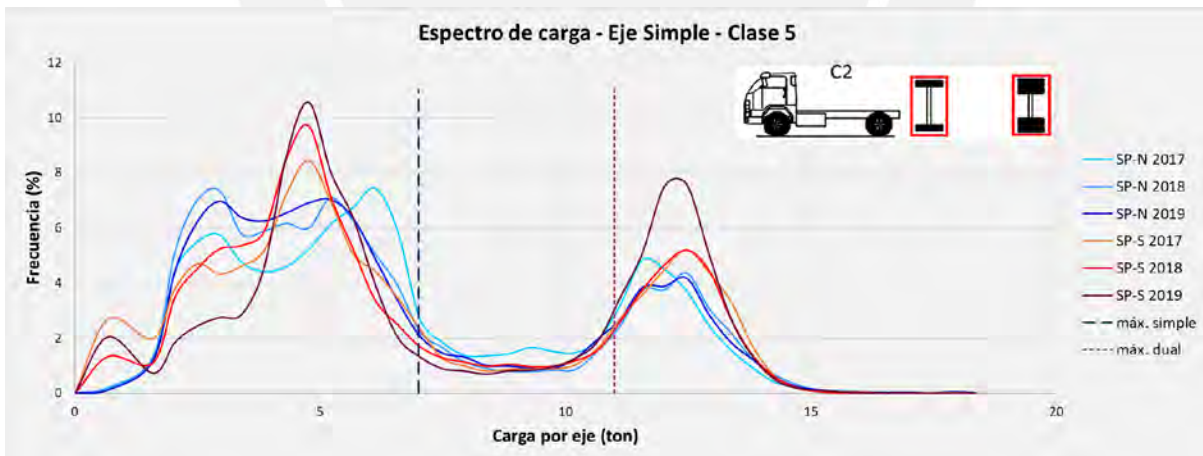


Figura 49. Espectro de carga, eje simple, clase 5

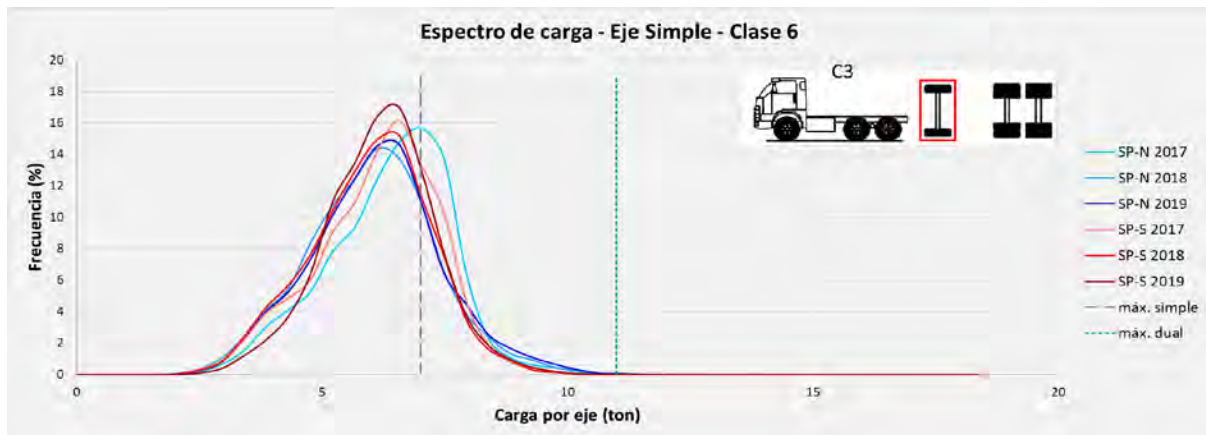


Figura 50. Espectro de carga, eje simple, clase 6

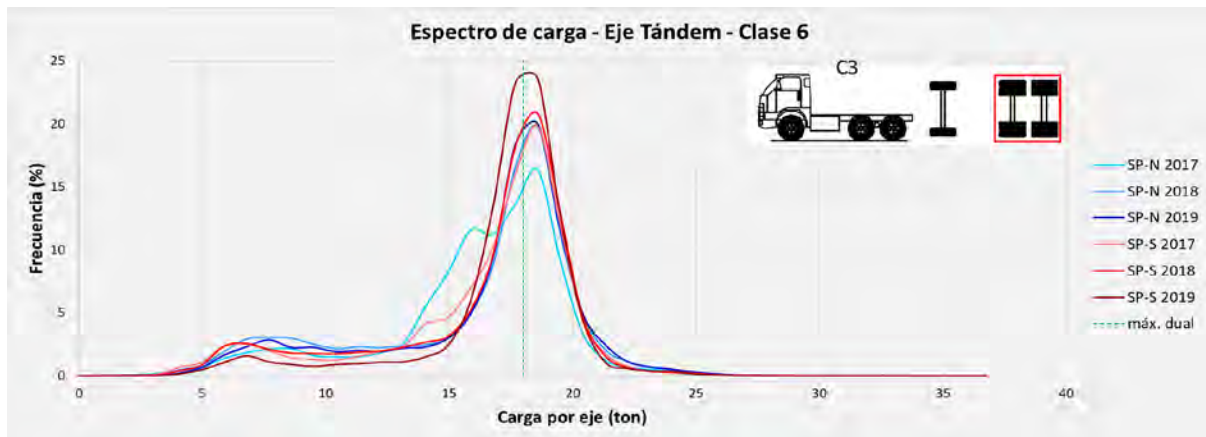


Figura 51. Espectro de carga, eje tándem, clase 6

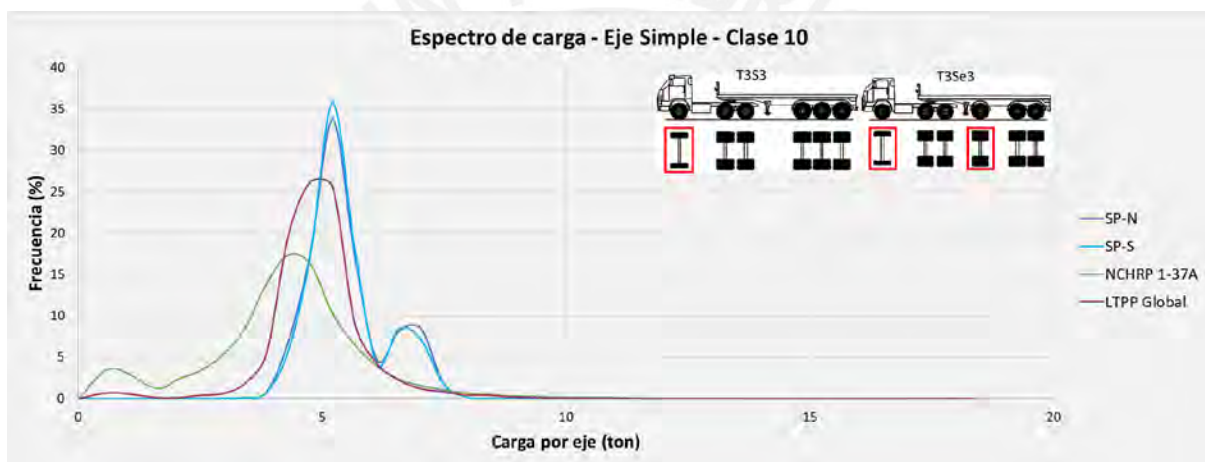
En vehículos clase 10 se observa gran similitud entre todos los espectros, que mantienen la tendencia observada en los espectros mensuales, donde los ejes tándem y tridem también presentan cargas mayores a las máximas permitidas. En los vehículos clase 5 se observa que hay mayor similitud entre los espectros anuales de la misma estación de pesaje, que entre espectros del mismo año y diferente estación de pesaje. Y en los vehículos clase 6 se observa que los espectros son similares con ligeras diferencias en los picos.

6.3. Comparación con espectros de software AASHTOWare Pavement ME design

Al igual que todos los parámetros de entrada del método M-E del AASHTO, los espectros de carga por eje, o distribución de carga por eje tienen valores por defecto, que se recomienda usar cuando no se cuenta con suficiente información de tráfico. En el software AASHTOWare

Pavement ME design están disponibles las distribuciones de carga llamadas NCHRP 1-37A y LTPP global. Si bien ambos espectros fueron elaborados con datos de tráfico del programa LTPP de Estados Unidos, los datos utilizados en el NCHRP 1-37A fueron recolectados con equipos y protocolos que variaban en cada estado. Por ello, en el proyecto FHWA-HRT-13-090 se desarrollaron los espectros LTPP global que sí utilizan datos recolectados de manera uniforme y con controles de calidad conocidos.

En las siguientes figuras se muestra los espectros globales de cada estación y los espectros por defecto que contiene el software para cada eje de las tres clases más representativas.



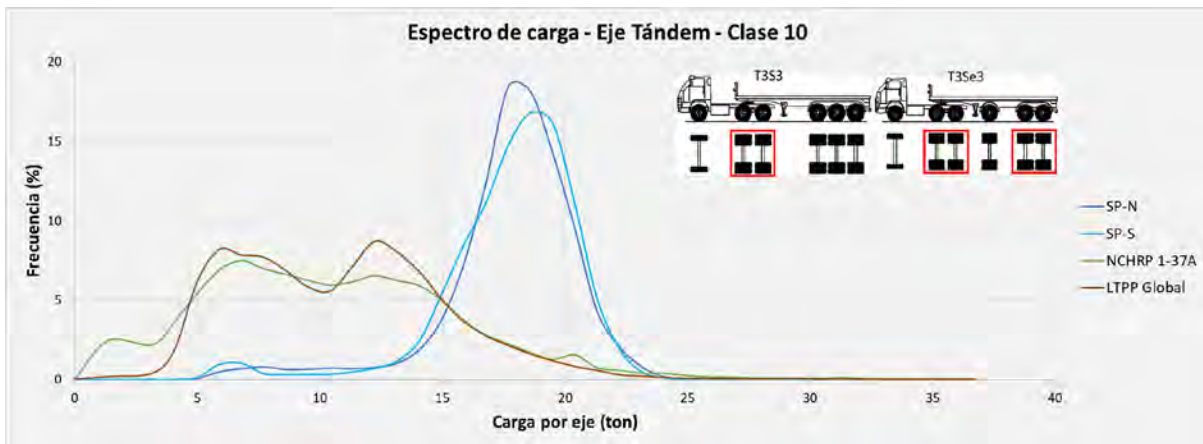


Figura 53. Espectro de carga, eje tándem, clase 10

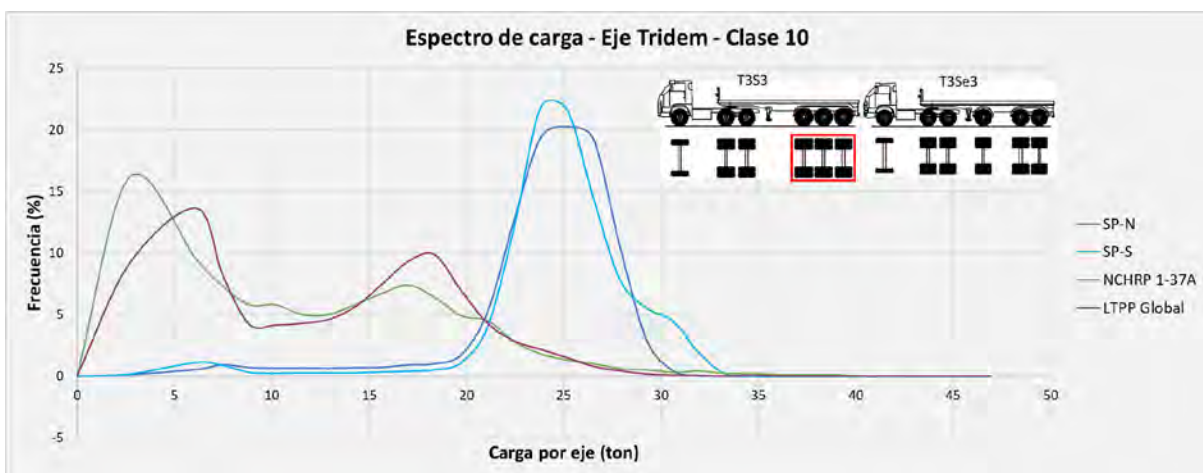


Figura 54. Espectro de carga, eje trídem, clase 10



Figura 55. Espectro de carga, eje simple, clase 5

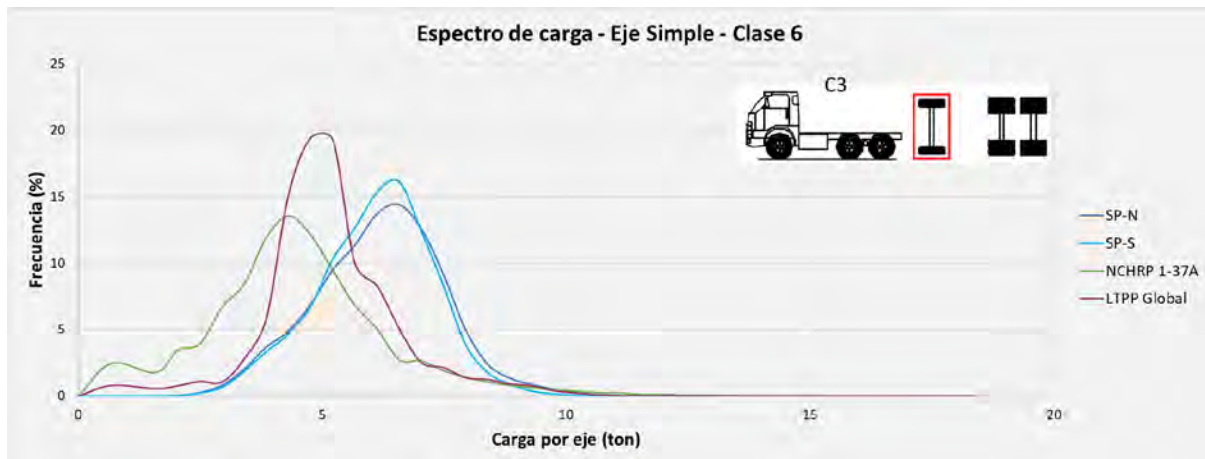


Figura 56. Espectro de carga, eje simple, clase 6

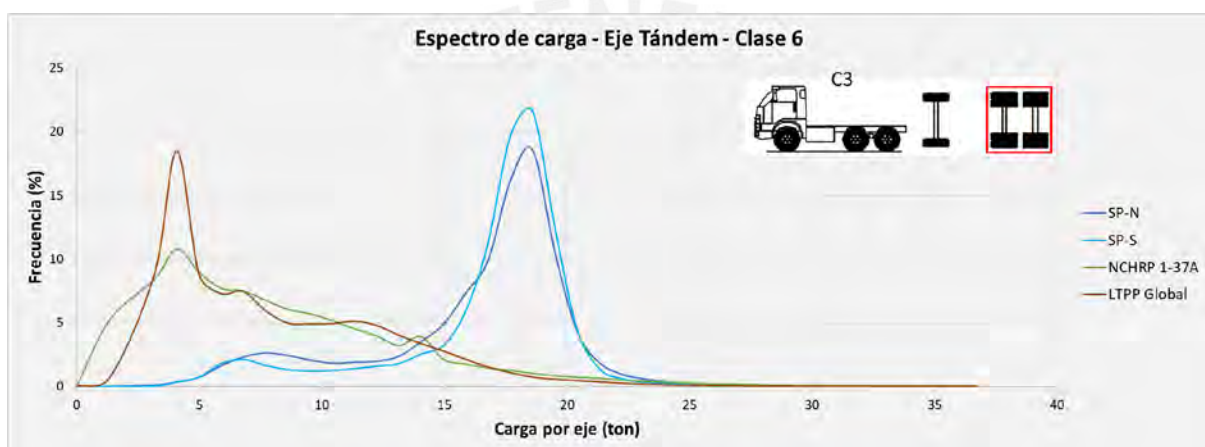


Figura 57. Espectro de carga, eje tándem, clase 6

En estos gráficos se muestra que los espectros de carga generados con los datos de pesaje de las estaciones SP-N y SP-S son muy diferentes a los espectros que trae por defecto el software de diseño AASHTOWare Pavement ME Design, ya que se observa que la forma de los espectros es muy diferente, y que, los espectros generados presentan cargas mucho mayores a los espectros americanos. Esto indica que el tránsito de vehículos pesados en la Panamericana Norte es muy diferente al tránsito de vehículos pesados en Estados Unidos.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en la descripción del método mecanístico-empírico del AASHTO y al estudio realizado con la variable de tráfico, se concluye que es un método que, si bien necesita muchas variables de entrada, tiene la capacidad para diseñar pavimentos con un desempeño estructural y funcional óptimo, puesto que modela y analiza el comportamiento estructural del pavimento considerando las principales fallas que este puede presentar durante su vida útil, debido a las sollicitaciones de tráfico y clima que son caracterizadas de manera más realista; a diferencia de por ejemplo, la caracterización del tráfico mediante ESALs.

Pese a que no se tiene esfuerzos institucionales por implementar el método M-E del AASHTO en el Perú, sí es posible estudiar la disponibilidad y calidad de información que puede ser utilizada en el método, como la información del tránsito de vehículos pesados que se registra en las estaciones de pesaje fijas que operan en la red vial nacional.

Actualmente en las estaciones de pesaje se registra gran cantidad de información real del tránsito pesado que circula por la red vial nacional. Sin embargo, las normas que reglamentan los objetivos, el procedimiento de control y el manejo de la información registrada no permiten aprovechar completamente estos puestos de control donde se puede registrar información de tráfico que puede servir para fines de diseño, mantenimiento o rehabilitación de pavimentos, e incluso para conocer patrones que se presentan en el transporte terrestre. Se tiene que, en primer lugar, en las estaciones de pesaje solo se controla el peso bruto vehicular (PBV) y no el peso por eje. En segundo lugar, la información que recopila SUTRAN como ente supervisor solo es la referente a los vehículos con exceso de PBV, dicha información no es de fácil acceso y en algunos puestos de pesaje solo se guardan los registros que supervisa SUTRAN, es decir, solo los vehículos con exceso de PBV. Finalmente, la balanza selectiva, por la cual pasan todos los vehículos, no es calibrada periódicamente por INACAL, y se ha identificado que genera registros con errores en la clasificación vehicular.

Por ello, se recomienda a SUTRAN y al MTC la revisión y actualización de la normativa y de los objetivos que rigen sobre el sistema de pesaje y conteo de vehículos pesados. En ese sentido, para mejorar el control que se viene realizando se recomienda lo siguiente: levantar la suspensión al control de peso por eje; establecer que las balanzas selectivas también deben estar calibradas por INACAL; y establecer un procedimiento único para el registro y control de calidad de la información de tráfico que se registre en todas las estaciones de pesaje, la cual debe ser enviada completamente a SUTRAN. Si se sigue estas recomendaciones, se tendrá información completa y de calidad acerca del tránsito de vehículos pesados, que puede ser utilizado para distintos fines como es el diseño de pavimentos usando la metodología mecanística-empírica del AASHTO.

Por otro lado, se caracterizó el tránsito de vehículos pesados que circula por la carretera Panamericana Norte en el sector de Serpentin de Pasamayo, con la generación de los parámetros de tráfico que considera el MEPDG, en base a la información registrada en las estaciones de pesaje de Serpentin de Pasamayo durante los años 2017, 2018 y 2019.

En primer lugar, se concluye que la información registra por Norvial en las estaciones SP-N y SP-S, durante los años de estudio es información muy completa, y que pese a presentarse incongruencias en datos de pesaje selectivo y punitivo, puede ser utilizada para generar la mayoría de los datos de entrada cuya fuente son los datos de conteo y pesaje vehicular. No obstante, hay parámetros de tráfico que no pueden ser extraídos de los datos registrados en la estación de pesaje, como son las dimensiones de ejes y camiones. Por ello, se recomienda realizar estudios a las características geométricas de los ejes y de los vehículos que transitan por la red vial nacional, con el fin de completar la caracterización de tráfico que requiere el método. Además, se recomienda la implementación progresiva de sistemas de pesaje WIM tipo 1 y 2, los cuales obtienen directamente la mayoría de datos requeridos.

En segundo lugar, de los resultados obtenidos para los parámetros de volumen se concluye que el volumen de vehículos en el tramo Serpentin de Pasamayo es variable año a año y si se quiere tomar datos realistas y correctos se debería analizar el volumen de camiones de por lo menos tres años. Como en el presente trabajo, que se analizaron los valores obtenidos de los años 2017, 2018 y 2019, y se optó por considerar únicamente los dos últimos y descartar al año 2017 por presentar valores muy diferentes que no reflejan como es el tránsito de vehículos pesados en la actualidad.

En tercer lugar, de los resultados obtenidos para la distribución de carga por eje, es decir, los espectros de carga por eje, se concluye que para cada estación de pesaje los espectros de carga son prácticamente constantes año a año y mes a mes. Además, los espectros de carga muestran que hay vehículos pesados que circulan con cargas por eje mayores a las máximas permitidas en el RNV. Pero, como los datos de pesaje procesados son de vehículos con exceso de PBV en el pesaje selectivo, no se puede aseverar que dichos excesos de carga por eje sean completamente representativos.

Finalmente, como se ha identificado que los espectros de carga por eje de las tres clases vehiculares principales son muy diferentes a los que incluye por defecto el software AASHTOWare del método M-E del AASHTO, se concluye que las características del tránsito de vehículos pesados en el Perú son muy distintas a las de Estados Unidos. Por lo tanto, el estudio a la información de tráfico que se tiene en el Perú y su uso para estudiar a la variable de tráfico y caracterizar tránsito de vehículos pesados que circulan por el Serpentin de Pasamayo significa un buen aporte para tener información local que puede ser utilizada por el método M-E del AASHTO.

REFERENCIAS

- Aguirre, W. (2018). *Experiencia de Aplicación del Método Mecanístico-Empírico de Diseño de Pavimentos en el Perú*. Trabajo presentado en el XVII Congreso Internacional de Infraestructura Vial, Lima.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2020). *Guía de Diseño Mecanístico-Empírico de Pavimentos* (3a ed.) (Trad. ICG). Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2021). *Suplemento de la Guía de Diseño Mecanístico-Empírico de Pavimentos* (Trad. ICG). Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods* (E 1318-09).
- ARA, Inc. Eres Consultant Division. (2004a). *Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final Report. NCHRP 1-37A Project, Part 1. Introduction. Chapter 1. Background, Scope and Overview*.
- ARA, Inc. Eres Consultant Division. (2004b). *Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final Report. NCHRP 1-37A Project, Part 2. Design Inputs. Chapter 4. Traffic*.
- ARA, Inc. Eres Consultant Division. (2004c). *Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final Report. NCHRP 1-37A Project, Part 3. Design Analysis. Chapter 4. Design of New & Reconstructed Rigid Pavements*
- Banco Central de Reserva del Perú. (s.f.). PBI (variación porcentual). Recuperado de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM04863AA/html/2014/2021/>
- Cardinal Scale. (s.f.). SWIM Slow Speed In Motion Scales. Recuperado de <https://cardinalscales.com/product/product-overview/Truck-Scales/SWIM-Slow-Speed-In-Motion-Scales#lg=1&slide=0>

- Chang, C. (2012). *Evaluación, diseño, construcción, gestión: Pavimentos, un enfoque al futuro*. Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Chang, C., Vidal, J., Loría, L., Bustos, M. & Delgadillo, R. (2013). *Aplicabilidad del método mecanístico-empírico de diseño de pavimentos (MEPDG) AASHTO 2008 en Latinoamérica*. Trabajo presentado en el XVII Congreso Ibero-Latinoamérica del Asfalto, Guatemala. Recuperado de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/808/80.%20Aplicabilidad%20del%20me%CC%81todo%20de%20mecanistico-%20empirico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement analysis and design* (2a ed.). Kentucky, Estados Unidos: Pearson Prentice Hall.
- Islam, M.R. (2020, noviembre 03). *Pavement Design (Lec 75) - Designing Concrete Pavement by AASHTOWare or MEPDG software* [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=33o0gnj0fGU>
- Iturriaga, F. (2014). *Análisis de espectros de carga para 6 plazas de pesaje chilenas y 4 “EIM” zona urbana Santiago norte, y su influencia en el desempeño de los pavimentos de hormigón* (tesis de grado). Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.
- Martínez, M., & Pérez, I. (2015). Mechanistic-empirical pavement design guide: features and distinctive elements. *Revista de la construcción*, 14(1), 32-40. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2015000100004>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2003). *Reglamento Nacional de Vehículos*. Recuperado de <https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reglamento-Nacional-de-Veh%3%ADculos-%E2%80%93DS-N%C2%BA-058-2003-MTC.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos*. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos%20Manual%20de%20Carreteras%20OK.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017, enero 03). Decreto Supremo N°025-2016-MTC. *Diario Oficial El Peruano*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-modifica-y-establece-el-inicio-progresiv-decreto-supremo-n-025-2016-mtc-1469654-4>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017, junio 21). Decreto Supremo N°015-2017-MTC. *Diario Oficial El Peruano*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-modifica-el-reglamento-nacional-de-admin-decreto-supremo-n-015-2017-mtc-1535502-10>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017, diciembre 28). Decreto Supremo N°025-2017-MTC. *Diario Oficial El Peruano*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-modifica-el-reglamento-nacional-de-admin-decreto-supremo-n-025-2017-mtc-1601502-7>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018, enero 03). Resolución Directoral N°041-2018-MTC/15. *Diario Oficial El Peruano*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/establecen-medida-temporal-de-restriccion-de-acceso-y-circul-resolucion-directoral-n-041-2018-mtc15-1602954-1/>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018, diciembre 10). Decreto Supremo N°019-2018-MTC. *Diario Oficial El Peruano*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-modifica-el-reglamento-nacional-de-vehic-decreto-supremo-n-019-2018-mtc-1721540-2>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2010). *Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones* (CE.010). Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma_010_%20pavimentos_urbanos.pdf

Montejo, A. (2001). *Ingeniería de pavimentos para carreteras* (2a ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público. (2017). *Informe de desempeño 2017. Concesión de la Red Vial N.º 5: Tramo Ancón – Huacho*

–Pativilca. Recuperado de https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2017/12/ID2017_RV5.pdf

Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público. (2019). *Informe de desempeño 2019. Concesión de la Red Vial N.º 5: Tramo Ancón – Huacho – Pativilca.* Recuperado de <https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2020/07/id-rv5-2019.pdf>

Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público. (2021). *Informe de desempeño 2021. Concesión de la Red Vial N.º 5: Tramo Ancón – Huacho – Pativilca.* Recuperado de <https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2020/07/id-red-vial-5-2021.pdf>

Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías. (s.f.). Estaciones de Pesaje. Recuperado de <http://www.sutran.gob.pe/estaciones-de-pesaje/>

Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías. (2014). *Proceso de verificación de pesos y medidas vehiculares expedida por el concesionario.* Recuperado de http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/RS-2014_054.pdf

Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías. (2022). *Plan anual de prevención, fiscalización, seguimiento y evaluación de la Sutran 2022.* Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2718310/PLAN%20ANUAL%20FISCALIZACION.pdf>

SURVIAL. (2021). *Plan de Negocios 2021.* Recuperado de <https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2020/07/pdn-survial-2021.pdf>

U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. (2018). *Weigh-in-Motion Pocket Guide: Part 1 WIM Technology, Data Acquisition, and Procurement Guide* (FHWA-PL-18-015). Recuperado de [https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/knowledgecenter/wim_guide/wim_guide_book_part1_070918_\(508_compliant\).pdf](https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/knowledgecenter/wim_guide/wim_guide_book_part1_070918_(508_compliant).pdf)

Mes	Clase	Total	1.36	1.81	2.27	2.72	3.18	3.63	4.08	4.54	4.99	5.44	5.90	6.35	6.80	7.26	7.71	8.16	8.62	9.07	9.53	9.98	10.43	10.89	11.34	11.79	12.25	12.70	13.15	13.61	14.06	14.52	14.97	15.42	15.88	16.33	16.78	17.24	17.69	18.14	18.60					
may	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.04	0.00	0.00	10.20	4.08	4.08	4.08	18.37	14.29	8.16	6.12	0.00	0.00	0.00	4.08	0.00	2.04	2.04	4.08	0.00	2.04	10.20	0.00	2.04	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
may	5	100.00	0.14	1.37	5.51	7.31	8.45	6.25	6.45	6.98	6.54	6.10	5.43	4.73	3.82	2.41	1.56	1.35	0.86	0.99	0.86	0.97	0.94	1.37	2.53	3.46	3.60	3.09	3.00	1.99	0.86	0.58	0.26	0.08	0.06	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
may	6	100.00	0.00	0.00	0.07	0.27	0.98	2.50	4.47	6.03	8.24	11.23	12.73	13.62	13.17	10.76	7.23	3.91	1.65	1.32	0.96	0.42	0.25	0.13	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
may	7	100.00	0.00	0.08	0.31	0.00	0.39	0.94	1.33	1.80	2.90	2.90	4.31	5.73	8.71	12.47	12.08	11.76	10.35	9.10	5.41	3.14	2.98	1.41	0.94	0.71	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
may	8	100.00	0.27	0.12	0.12	0.27	0.46	6.28	21.31	3.74	3.31	3.74	4.66	1.97	3.58	9.06	10.94	9.98	6.97	2.93	1.77	1.43	1.46	0.92	0.96	0.77	0.89	0.54	0.15	0.12	0.46	0.23	0.08	0.08	0.08	0.19	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00				
may	9	100.00	0.00	0.09	0.05	0.12	0.21	0.40	1.53	8.28	12.54	15.48	11.08	6.82	6.31	5.20	2.73	1.25	0.64	1.20	1.11	1.69	1.86	3.81	5.13	3.15	2.45	1.48	1.36	0.80	0.68	0.73	0.26	0.64	0.35	0.19	0.16	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
may	10	100.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.07	0.77	7.13	17.17	33.52	18.37	4.73	7.36	8.32	2.05	0.34	0.04	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
may	11	100.00	0.09	0.89	0.46	1.77	2.31	2.89	4.69	11.49	8.03	7.66	7.60	6.57	4.83	5.00	4.26	3.92	3.63	3.26	2.74	2.66	2.63	3.17	3.34	2.66	1.51	0.94	0.51	0.17	0.11	0.11	0.03	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
may	12	100.00	0.00	0.08	0.17	0.91	1.24	1.58	2.57	1.82	2.32	3.15	4.81	7.38	7.13	8.79	9.04	7.30	8.46	5.47	6.88	7.46	5.06	3.07	2.07	1.08	0.66	0.41	0.50	0.41	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
may	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.34	6.54	5.14	5.61	8.88	9.81	19.63	12.15	4.67	0.93	2.34	3.74	0.93	0.00	0.93	3.27	11.21	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
jun	5	100.00	0.15	1.55	5.28	6.82	7.08	6.36	5.74	6.23	5.62	6.32	6.32	5.60	4.51	2.52	1.59	1.17	1.08	1.00	0.83	0.91	1.15	1.67	1.95	3.39	3.69	3.94	3.39	1.95	0.98	0.49	0.25	0.15	0.13	0.00	0.06	0.02	0.00	0.08	0.02	0.00	0.08	0.02		
jun	6	100.00	0.00	0.02	0.07	0.37	1.00	2.61	4.18	4.89	7.84	10.31	11.09	12.41	12.90	12.54	9.63	4.96	2.10	1.39	0.83	0.46	0.20	0.05	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	7	100.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.28	1.29	1.19	2.48	7.53	5.69	4.50	7.25	7.90	11.85	9.27	10.93	9.27	8.17	4.59	3.21	2.57	0.46	1.01	0.28	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	8	100.00	0.09	0.26	0.09	0.22	0.30	0.34	7.83	21.60	3.44	3.61	4.86	4.13	1.94	4.35	8.18	11.79	9.25	6.15	3.53	1.38	1.20	1.20	0.90	0.82	0.47	0.47	0.39	0.26	0.26	0.17	0.17	0.04	0.09	0.00	0.04	0.13	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00			
jun	9	100.00	0.00	0.00	0.05	0.29	0.62	0.38	0.80	7.13	12.32	15.40	11.36	6.64	5.22	4.50	3.00	1.26	0.83	1.13	1.04	1.42	2.20	3.38	5.79	4.45	2.87	1.69	1.37	0.94	0.91	0.70	0.62	0.27	0.59	0.43	0.32	0.08	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00		
jun	10	100.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.06	0.66	6.26	16.23	33.34	19.05	4.79	7.74	9.37	2.10	0.28	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
jun	11	100.00	0.17	0.70	0.41	1.40	1.98	2.02	4.66	12.79	7.55	7.30	7.80	5.49	4.70	4.74	3.55	3.01	4.99	4.37	3.09	2.89	3.42	3.01	3.47	2.48	1.82	0.70	0.74	0.33	0.12	0.04	0.08	0.08	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	12	100.00	0.00	0.00	0.23	0.35	0.69	0.81	1.85	1.73	1.85	2.66	4.39	5.78	8.79	8.90	9.60	7.98	7.63	6.59	7.86	6.47	6.94	3.47	2.66	0.92	0.92	0.35	0.00	0.23	0.12	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.57	7.14	28.57	7.14	14.29	0.00	7.14	0.00	0.00	0.00	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	0.51	4.04	7.07	6.57	2.53	11.62	12.63	9.09	2.53	3.54	3.54	2.02	0.51	2.53	2.02	3.54	5.05	10.10	3.54	1.01	3.03	0.51	0.00	0.51	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
jul	5	100.00	0.24	1.26	4.73	5.78	6.49	5.01	5.13	4.98	5.66	6.57	7.08	6.65	4.67	2.64	1.85	1.40	1.58	1.70	1.65	1.39	1.54	2.01	2.67	3.81	3.87	3.66	2.25	1.68	1.09	0.49	0.22	0.07	0.09	0.04	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	6	100.00	0.00	0.02	0.10	0.29	0.60	2.02	3.35	4.60	6.95	9.03	10.30	13.62	12.62	14.16	11.13	5.30	2.58	1.25	0.83	0.71	0.31	0.12	0.06	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	7	100.00	0.00	0.08	0.00	0.08	0.31	1.30	1.61	1.84	6.51	8.43	4.44	6.05	8.05	10.42	10.96	12.41	8.35	8.51	3.98	2.84	1.69	1.00	0.54	0.23	0.15	0.15	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	8	100.00	0.08	0.21	0.00	0.12	0.21	0.45	6.27	20.99	3.40	3.57	4.14	3.77	3.36	4.06	7.95	9.43	10.58	6.60	3.77	2.17	1.52	1.80	1.07	0.82	0.45	0.45	0.45	0.66	0.16	0.16	0.29	0.33	0.21	0.21	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	9	100.00	0.00	0.13	0.03	0.18	0.64	0.66	1.35	7.72	11.99	16.15	11.28	5.97	5.64	4.83	3.02	1.17	0.66	1.07	0.89	1.04	2.57	3.71	5.82	3.25	2.87	1.91	1.40	0.81	0.84	0.56	0.43	0.46	0.38	0.30	0.15	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	
jul	10	100.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.11	0.76	6.63	16.85	32.53	18.10	4.42	7.88	10.12	2.28	0.23	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	11	100.00	0.07	0.46	0.28	1.20	3.31	3.38	5.13	12.20	8.30	7.07	7.49	5.84	4.92	4.68	3.34	3.27	3.80	4.36	2.95	2.81	2.60	2.92	3.80	2.92	1.27	0.74	0.14	0.28	0.18	0.11	0.07	0.04	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	
jul	12	100.00	0.00	0.10	0.00	0.63	0.42	1.36	1.57	1.57	2.40	3.03	3.24	6.79	6.58	10.87	8.36	8.25	5.64	8.88	8.46	7.00	5.43	3.24	3.45	0.73	0.52	0.00	0.84	0.31	0.21	0.														

Mes	Clase	Total	1.36	1.81	2.27	2.72	3.18	3.63	4.08	4.54	4.99	5.44	5.90	6.35	6.80	7.26	7.71	8.16	8.62	9.07	9.53	9.98	10.43	10.89	11.34	11.79	12.25	12.70	13.15	13.61	14.06	14.52	14.97	15.42	15.88	16.33	16.78	17.24	17.69	18.14	18.60					
set	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	8.20	11.48	1.64	0.00	11.48	11.48	3.28	6.56	4.92	0.00	0.00	0.00	0.00	4.92	1.64	11.48	11.48	3.28	0.00	1.64	1.64	1.64	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
set	5	100.00	0.06	0.85	3.25	4.94	6.40	4.27	5.29	5.18	5.98	7.20	7.09	6.26	4.71	2.67	1.93	1.63	1.49	1.43	1.38	1.41	1.41	2.21	3.23	4.49	3.69	3.94	3.23	1.68	1.57	0.52	0.25	0.11	0.03	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06			
set	6	100.00	0.00	0.00	0.03	0.16	0.75	1.66	2.70	3.65	5.57	8.37	10.36	13.26	20.16	13.42	8.70	5.60	2.90	0.94	0.68	0.68	0.16	0.16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	7	100.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.15	0.29	0.58	3.36	5.84	4.82	4.38	5.40	8.03	11.09	9.78	14.01	9.20	7.30	6.42	4.23	1.61	1.46	1.02	0.44	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
set	8	100.00	0.13	0.26	0.00	0.00	0.26	0.33	7.10	21.37	3.19	3.19	5.60	3.97	2.67	4.95	10.16	12.05	9.51	4.63	2.80	0.78	0.78	0.46	1.43	1.56	0.78	0.98	0.33	0.07	0.07	0.20	0.20	0.00	0.13	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
set	9	100.00	0.00	0.04	0.00	0.17	0.43	0.26	0.82	6.35	9.59	16.67	12.56	5.87	5.48	4.88	2.85	1.04	0.73	1.04	1.21	1.68	2.68	4.40	6.56	4.84	2.46	1.64	1.17	1.04	0.78	0.52	0.56	0.30	0.35	0.30	0.43	0.22	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00		
set	10	100.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.09	0.81	6.79	16.90	33.39	17.60	4.59	8.03	9.07	2.35	0.24	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	11	100.00	0.08	0.16	0.41	0.73	0.93	2.07	3.73	6.60	5.02	4.46	3.61	4.62	12.28	3.81	3.24	3.16	9.89	16.86	2.55	2.47	2.59	3.40	3.20	2.07	1.34	0.28	0.12	0.16	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	12	100.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.08	0.15	0.68	1.28	0.83	1.59	1.59	9.22	22.60	3.93	9.15	24.49	3.93	4.23	4.99	3.02	2.34	2.19	0.98	0.76	0.60	0.45	0.15	0.00	0.00	0.00	0.30	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.79	0.00	0.00	10.53	13.16	23.68	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.63	0.00	7.89	15.79	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct	5	100.00	0.18	1.46	4.01	5.81	5.95	6.30	5.79	5.38	6.60	7.23	6.28	5.75	4.29	2.19	2.01	1.13	0.95	0.74	1.11	1.16	1.39	2.19	3.05	4.50	4.34	3.92	2.63	1.78	1.16	0.35	0.12	0.07	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00		
oct	6	100.00	0.00	0.00	0.07	0.26	0.85	2.37	3.96	4.70	7.03	9.33	12.21	14.47	13.16	11.92	8.86	5.29	2.59	1.11	1.00	0.39	0.22	0.11	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	7	100.00	0.00	0.09	0.00	0.26	0.18	0.88	1.23	2.38	3.79	7.14	3.79	5.90	8.02	11.28	12.16	11.98	9.52	7.05	5.99	3.35	2.20	1.76	0.62	0.18	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct	8	100.00	0.11	0.11	0.15	0.15	0.27	0.73	9.89	17.32	3.18	3.83	4.02	4.48	3.03	6.13	10.69	10.96	8.24	4.48	2.53	1.42	1.15	1.88	1.23	0.92	0.77	0.54	0.46	0.27	0.23	0.23	0.11	0.08	0.15	0.04	0.11	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00			
oct	9	100.00	0.00	0.07	0.07	0.16	0.38	0.18	1.30	6.02	12.76	14.52	11.55	5.57	6.76	3.98	2.63	1.08	0.90	1.03	1.24	2.09	2.61	4.56	6.02	4.49	2.81	1.30	1.33	1.06	0.90	0.70	0.49	0.38	0.43	0.18	0.16	0.22	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	
oct	10	100.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.18	0.97	7.54	19.63	34.08	14.39	4.68	9.08	7.54	1.63	0.14	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	11	100.00	0.04	0.17	0.21	1.59	1.97	2.64	5.03	8.79	5.74	6.32	5.74	5.53	5.07	5.19	4.56	5.74	4.94	4.36	3.27	3.39	4.23	4.61	4.44	2.81	1.55	1.21	0.17	0.13	0.17	0.04	0.04	0.17	0.04	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
oct	12	100.00	0.00	0.18	0.18	0.46	0.28	1.02	1.29	1.66	2.59	2.31	4.52	5.36	8.59	7.85	7.85	9.42	7.39	10.06	9.42	6.09	4.89	3.32	1.75	1.57	0.74	0.46	0.37	0.00	0.09	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.64	0.00	13.64	4.55	4.55	22.73	9.09	18.18	0.00	4.55	0.00	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
nov	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.55	0.00	0.00	0.55	1.10	3.87	8.84	11.05	9.39	14.92	7.18	4.97	2.76	3.31	7.18	2.21	2.21	0.55	3.87	7.18	3.31	1.10	1.66	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
nov	5	100.00	0.14	0.82	4.82	5.62	6.02	5.16	5.18	5.88	6.40	6.94	7.36	5.52	4.26	1.86	1.68	1.28	1.02	1.22	1.28	1.28	1.28	1.84	3.44	4.54	4.28	4.58	2.54	1.94	0.78	0.40	0.36	0.14	0.04	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
nov	6	100.00	0.00	0.05	0.00	0.21	0.93	1.76	3.29	4.51	7.52	10.97	11.88	14.61	14.84	11.37	7.62	4.42	2.48	1.57	0.90	0.44	0.30	0.19	0.07	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	7	100.00	0.00	0.00	0.09	0.09	0.62	0.35	1.23	2.64	3.00	5.90	5.29	7.49	7.75	9.07	10.84	12.07	11.81	7.14	5.46	3.44	2.56	1.59	1.06	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
nov	8	100.00	0.00	0.12	0.23	0.19	0.23	0.58	10.64	18.06	2.95	4.31	4.47	3.07	2.60	5.75	9.79	12.19	8.93	4.23	1.90	1.59	1.48	1.32	1.05	1.40	0.62	0.78	0.35	0.16	0.27	0.12	0.19	0.12	0.12	0.00	0.08	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	9	100.00	0.00	0.05	0.05	0.33	0.33	0.58	1.47	6.40	10.96	15.22	11.01	6.26	6.45	4.28	2.81	1.22	0.79	0.96	1.54	2.06	3.02	4.70	6.45	3.88	2.62	1.31	1.01	0.91	0.61	0.63	0.54	0.42	0.49	0.30	0.12	0.16	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00		
nov	10	100.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.04	0.11	0.95	7.50	19.27	32.83	15.11	5.26	9.08	8.05	1.51	0.18	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	11	100.00	0.16	0.48	0.28	1.12	2.04	2.80	5.11	8.99	5.59	6.15	6.15	3.91	4.39	5.51	5.03	5.51	5.19	3.95	2.92	4.07	4.23	4.79	4.59	3.83	1.76	0.64	0.24	0.28	0.08	0.04	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	12	100.00	0.00	0.09	0.00	0.26	0.43	0.61	0.87	1.13	1.04	1.65	3.64	5.29	9.19	8.32	10.49	8.75	7.11	8.75	8.93	7.97	5.46	4.07	2.60	1.47	0.87	0.																		

Mes	Clase	Total	2.72	3.63	4.54	5.44	6.35	7.26	8.16	9.07	9.98	10.89	11.79	12.70	13.61	14.52	15.42	16.33	17.24	18.14	19.05	19.96	20.87	21.77	22.68	23.59	24.49	25.40	26.31	27.22	28.12	29.03	29.94	30.84	31.75	32.66	33.57	34.47	35.38	36.29	37.20								
may	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.88	17.65	35.29	23.53	17.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
may	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
may	6	100.00	0.00	0.13	0.38	0.87	2.30	2.59	3.08	3.08	2.86	2.63	2.77	2.61	2.95	2.70	4.29	5.40	8.26	15.52	17.66	10.90	4.69	1.70	1.12	0.42	0.49	0.36	0.16	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
may	7	100.00	0.00	2.44	9.76	9.76	12.20	0.00	9.76	7.32	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	2.44	12.20	7.32	7.32	2.44	2.44	0.00	2.44	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
may	8	100.00	0.00	0.10	0.19	1.52	1.14	1.14	2.95	15.11	26.14	25.19	11.12	3.80	2.19	1.43	1.43	0.67	1.71	0.95	0.67	0.38	0.19	0.57	0.29	0.38	0.29	0.29	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
may	9	100.00	0.31	0.37	1.44	4.19	6.33	7.33	6.72	4.87	4.15	3.47	3.69	4.19	4.56	4.17	4.23	5.17	6.20	6.55	6.39	7.20	4.21	2.05	1.05	0.31	0.37	0.11	0.17	0.04	0.04	0.07	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
may	10	100.00	0.00	0.01	0.01	0.17	0.71	0.99	1.10	0.81	0.93	0.95	0.88	0.91	1.18	1.98	3.78	7.32	11.92	17.70	17.91	14.03	9.63	4.36	1.88	0.58	0.16	0.05	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
may	11	100.00	0.06	0.42	2.89	6.38	11.49	9.87	9.57	7.82	6.14	4.57	3.37	2.95	2.29	2.23	1.81	1.74	3.25	6.02	4.87	4.63	3.91	1.81	0.90	0.12	0.42	0.18	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
may	12	100.00	0.00	0.22	1.72	1.29	3.12	3.01	1.72	3.01	3.33	3.33	4.30	6.56	9.57	8.71	5.81	5.16	4.95	9.68	9.57	7.63	3.55	1.40	1.18	0.75	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
may	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	1.11	0.00	2.22	2.22	24.44	30.00	32.22	4.44	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
jun	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
jun	6	100.00	0.00	0.22	0.49	1.03	2.17	2.47	3.57	2.66	2.57	2.05	2.13	2.76	2.64	4.06	5.50	8.38	8.38	13.81	15.98	10.04	4.91	2.05	0.76	0.56	0.34	0.27	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
jun	7	100.00	0.00	0.00	1.10	2.20	1.10	2.20	2.20	3.30	3.30	2.20	5.40	0.00	1.10	5.49	28.57	27.47	5.49	2.20	1.10	2.20	2.20	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	8	100.00	0.00	0.00	0.61	0.40	1.01	1.01	4.25	15.17	21.84	29.22	10.82	4.85	2.43	1.52	1.42	1.62	0.51	0.91	0.61	0.81	0.00	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
jun	9	100.00	0.43	0.45	1.47	4.24	6.79	7.65	6.23	4.42	3.68	2.66	3.60	3.38	3.30	3.17	3.49	3.86	5.06	6.50	7.83	10.97	6.18	2.48	1.31	0.32	0.19	0.24	0.03	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
jun	10	100.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.76	0.94	0.95	0.68	0.75	0.77	0.67	0.93	1.17	1.88	3.28	6.87	11.62	17.77	18.29	14.37	10.59	4.45	2.01	0.79	0.26	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	11	100.00	0.00	0.60	2.13	8.01	13.04	11.51	11.34	6.82	4.86	3.75	2.05	2.30	2.90	1.71	2.22	1.79	2.39	6.14	5.37	4.43	2.81	1.53	0.77	0.51	0.34	0.17	0.17	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
jun	12	100.00	0.00	0.00	1.17	0.73	1.91	1.47	2.35	1.91	2.79	2.64	4.11	7.20	12.04	10.72	7.05	3.82	7.20	8.96	9.40	7.49	3.38	2.35	0.73	0.44	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
jun	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.44	0.00	0.00	0.00	0.00	22.22	11.11	0.00	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
jul	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	19.35	16.13	32.26	9.68	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
jul	6	100.00	0.02	0.08	0.25	0.62	1.23	2.27	2.89	2.87	2.50	1.91	2.25	2.54	3.00	4.87	6.84	9.01	9.76	13.67	15.66	9.96	3.70	2.00	1.08	0.54	0.31	0.10	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	7	100.00	0.00	0.00	0.00	3.79	1.52	2.27	1.52	6.82	1.52	4.55	0.00	3.79	3.79	6.82	19.70	25.76	13.64	0.76	0.00	0.76	1.52	0.00	0.76	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	8	100.00	0.00	0.00	0.40	1.01	0.81	1.21	5.25	14.03	26.64	21.90	9.89	6.76	2.93	1.41	1.41	1.92	1.11	0.71	0.50	0.40	0.30	0.20	0.61	0.30	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
jul	9	100.00	0.27	0.46	1.53	3.84	5.86	6.71	6.58	5.15	3.38	3.30	2.92	3.09	4.40	3.52	3.50	4.20	6.03	8.19	7.94	9.35	5.90	1.87	0.90	0.46	0.24	0.19	0.05	0.00	0.10	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	10	100.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.49	0.90	1.05	0.72	0.72	0.75	0.72	0.71	1.05	1.75	3.40	6.80	11.93	19.82	17.75	13.67	9.91	4.30	2.28	0.87	0.20	0.05	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
jul	11	100.00	0.00	0.44	2.49	5.35	13.19	10.92	11.36	8.50	4.40	4.32	3.81	2.64	1.83	1.17																																	

Mes	Clase	Total	2.72	3.63	4.54	5.44	6.35	7.26	8.16	9.07	9.98	10.89	11.79	12.70	13.61	14.52	15.42	16.33	17.24	18.14	19.05	19.96	20.87	21.77	22.68	23.59	24.49	25.40	26.31	27.22	28.12	29.03	29.94	30.84	31.75	32.66	33.57	34.47	35.38	36.29	37.20									
set	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
set	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
set	6	100.00	0.08	0.00	0.38	0.64	1.20	1.76	1.09	0.83	0.83	1.16	1.05	1.20	1.39	2.21	2.93	5.18	9.49	22.84	25.88	12.57	3.75	1.35	0.94	0.60	0.38	0.11	0.08	0.04	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	7	100.00	0.00	0.00	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70	4.35	4.35	8.70	0.00	0.00	4.35	17.39	8.70	8.70	4.35	17.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	8	100.00	0.00	0.00	0.00	7.46	9.70	2.24	2.24	5.22	1.49	2.24	4.48	6.72	5.22	7.46	5.97	2.99	7.46	8.96	10.45	4.48	0.00	0.75	1.49	1.49	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
set	9	100.00	0.49	0.12	0.62	2.59	5.10	5.56	3.13	2.59	2.47	2.96	2.06	2.51	2.72	4.12	4.90	6.71	6.83	9.02	13.71	10.46	6.88	2.22	1.24	0.41	0.25	0.21	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
set	10	100.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.81	1.20	0.37	0.33	0.23	0.32	0.42	0.76	1.14	2.13	5.30	8.77	11.22	14.62	17.16	15.97	11.08	5.02	2.21	0.70	0.08	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	11	100.00	0.00	0.12	0.50	1.24	2.86	3.86	2.24	0.62	0.75	0.25	0.12	1.24	1.12	1.74	3.23	2.61	4.48	19.28	35.32	8.21	3.86	2.24	2.11	1.12	0.37	0.12	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	12	100.00	0.00	0.08	0.68	0.59	0.25	0.17	0.84	0.42	0.25	0.34	2.03	4.05	4.22	4.98	12.25	20.69	3.04	13.43	24.32	3.21	2.11	1.18	0.42	0.17	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00	0.00	66.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct	6	100.00	0.04	0.04	0.22	0.63	1.21	1.54	1.39	0.89	0.80	0.65	1.12	1.03	1.30	2.13	3.06	5.55	12.33	22.05	23.62	13.22	4.36	1.39	0.69	0.20	0.33	0.14	0.00	0.02	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct	7	100.00	1.92	0.00	1.92	1.92	0.00	0.00	0.00	3.85	5.77	3.85	1.92	3.85	3.85	1.92	7.69	1.92	7.69	5.77	13.46	7.69	11.54	7.69	5.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct	8	100.00	0.00	0.40	0.40	8.03	8.03	2.81	2.81	1.20	3.61	1.61	3.21	5.22	1.20	1.20	6.83	5.22	7.63	13.65	13.65	6.43	3.61	1.61	0.80	0.00	0.40	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	9	100.00	0.15	0.09	0.51	2.56	4.63	3.93	3.35	2.28	2.96	2.26	1.32	2.05	2.22	3.58	6.29	7.47	9.45	11.39	13.12	10.90	6.47	2.11	0.45	0.19	0.13	0.04	0.04	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	10	100.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.86	0.93	0.38	0.33	0.31	0.37	0.47	0.74	1.20	2.57	5.72	9.11	11.61	15.04	16.81	15.94	10.71	4.51	1.62	0.50	0.13	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct	11	100.00	0.09	0.19	0.46	1.39	4.44	6.29	1.76	0.56	0.56	1.02	0.28	0.93	1.39	1.57	3.05	4.53	6.75	16.93	20.07	12.30	6.57	3.89	1.76	2.31	0.65	0.09	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct	12	100.00	0.00	0.32	1.14	0.65	0.57	1.30	0.81	1.30	1.46	0.97	3.33	6.50	10.56	11.86	8.45	4.14	4.55	13.24	14.46	6.58	3.98	2.76	0.49	0.32	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
oct	13	100.00	0.00	0.00	33.33	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
nov	4	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00	25.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
nov	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	6	100.00	0.02	0.02	0.22	0.53	1.20	1.47	1.16	0.78	0.65	0.98	1.11	1.16	1.16	1.76	2.89	6.32	12.17	21.24	23.07	13.63	5.14	1.85	0.44	0.33	0.36	0.11	0.11	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00		
nov	7	100.00	0.00	0.00	2.94	0.00	2.94	4.41	2.94	7.35	2.94	4.41	0.00	1.47	8.82	2.94	7.35	8.82	10.29	2.94	10.29	11.76	2.94	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	8	100.00	0.00	0.00	1.95	5.47	5.08	5.08	6.25	2.73	4.30	4.30	2.34	3.13	1.56	2.73	7.03	4.69	10.16	11.72	10.16	1.95	3.91	1.95	1.17	0.78	0.39	0.39	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	9	100.00	0.17	0.26	0.75	2.31	4.88	4.41	2.61	2.47	2.92	2.31	1.66	2.01	2.38	3.73	7.03	7.66	8.47	10.06	13.00	11.13	6.65	1.91	0.54	0.30	0.19	0.07	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
nov	10	100.00	0.00	0.00	0.00																																													

Mes	Clase	Total	5.44	6.80	8.16	9.53	10.89	12.25	13.61	14.97	16.33	17.69	19.05	20.41	21.77	23.13	24.49	25.86	27.22	28.58	29.94	31.30	32.66	34.02	35.38	36.74	38.10	39.46	40.82	42.18	43.55	44.91	46.27	47.63		
set	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
set	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	7	100.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.17	0.17	1.66	2.49	1.49	2.82	5.64	9.62	12.94	19.40	23.71	14.43	2.82	1.16	0.66	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	10	100.00	0.08	0.39	0.78	0.61	0.56	0.65	0.58	0.67	0.73	0.90	0.88	1.64	5.60	12.48	19.13	19.53	20.49	11.00	2.62	0.52	0.16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	12	100.00	0.00	0.00	0.00	1.96	1.96	0.00	0.00	0.00	1.96	7.84	17.65	29.41	15.69	17.65	1.96	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
set	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	7	100.00	0.00	0.41	0.31	0.20	0.10	0.41	0.92	1.93	2.75	2.75	5.49	9.16	12.51	21.46	26.04	12.00	2.95	0.31	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	10	100.00	0.07	0.37	0.80	0.62	0.65	0.56	0.57	0.74	0.77	0.99	1.12	1.67	4.83	12.24	20.11	20.83	20.33	9.70	2.66	0.28	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	12	100.00	0.00	0.00	0.00	4.30	1.08	5.38	0.00	1.08	1.08	3.23	17.20	9.68	33.33	15.05	5.38	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
oct	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.09	0.00	9.09	0.00	9.09	18.18	0.00	9.09	9.09	36.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	7	100.00	0.00	0.30	0.20	0.30	0.20	0.40	0.79	1.39	2.97	3.37	5.25	8.72	11.60	22.50	22.89	13.58	4.06	0.99	0.30	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	10	100.00	0.10	0.34	0.71	0.63	0.57	0.55	0.52	0.53	0.59	0.85	0.97	1.69	5.09	13.47	21.65	20.72	19.57	8.97	2.03	0.40	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
nov	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	12	100.00	0.00	0.00	0.00	2.22	0.00	0.00	3.33	2.22	2.22	0.00	10.00	17.78	36.67	16.67	4.44	4.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
nov	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	12.50	12.50	0.00	0.00	25.00	0.00	12.50	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
dic	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
dic	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
dic	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
dic	7	100.00	0.00	0.21	0.41	0.31	1.03	0.52	1.34	1.65	1.55	4.54	5.46	6.80	11.86	23.71	24.43	11.75	3.20	1.03	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
dic	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
dic	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
dic	10	100.00	0.05	0.42	0.64	0.52	0.49	0.67	0.52	0.60	0.63	0.86	1.00	1.81	5.39	13.73	21.16	21.42	19.03	8.60	2.11	0.30	0.04</													

Mes	Clase	Total	5.44	6.80	8.16	9.53	10.89	12.25	13.61	14.97	16.33	17.69	19.05	20.41	21.77	23.13	24.49	25.86	27.22	28.58	29.94	31.30	32.66	34.02	35.38	36.74	38.10	39.46	40.82	42.18	43.55	44.91	46.27	47.63		
may	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
may	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
may	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
may	7	100.00	0.00	0.23	0.33	0.23	0.38	0.47	0.75	1.17	2.16	3.28	4.36	6.47	10.78	22.60	25.83	16.78	3.66	0.42	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
may	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
may	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
may	10	100.00	0.24	1.83	1.39	0.54	0.39	0.45	0.40	0.39	0.58	0.53	0.75	1.46	4.71	12.34	20.85	21.49	13.80	7.41	5.13	3.95	1.23	0.13	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
may	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
may	12	100.00	0.00	1.16	0.58	0.58	2.89	4.05	0.00	0.00	0.58	6.36	13.87	23.70	22.54	10.98	6.94	3.47	1.16	0.58	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
may	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.09	9.09	54.55	9.09	9.09	9.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	7	100.00	0.00	0.26	0.05	0.16	0.21	0.21	0.47	0.73	1.21	3.25	3.77	4.98	10.22	19.60	27.52	21.96	4.98	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	10	100.00	0.16	1.02	0.87	0.37	0.25	0.25	0.23	0.30	0.34	0.38	0.46	0.81	3.57	11.05	22.39	23.46	15.20	7.90	5.94	3.60	1.25	0.18	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	12	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.66	0.00	0.00	1.10	2.21	6.63	21.55	20.99	22.65	13.26	3.31	3.87	1.66	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jun	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00	60.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	7	100.00	0.00	0.11	0.17	0.06	0.23	0.68	0.34	1.41	1.63	2.53	4.50	6.31	10.92	23.03	24.89	18.13	4.39	0.56	0.06	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	10	100.00	0.16	1.01	0.91	0.32	0.22	0.29	0.28	0.28	0.27	0.37	0.47	0.81	2.97	9.98	21.57	23.14	15.50	8.86	6.41	4.48	1.50	0.16	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
jul	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	12	100.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42	1.90	8.53	19.91	22.75	24.17	16.11	1.90	1.42	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
jul	13	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	50.00	0.00	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ago	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ago	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ago	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ago	7	100.00	0.00	0.11	0.06	0.33	0.06	0.39	0.99	0.94	1.10	2.10	3.59	7.18	12.76	23.92	25.25	17.40	2.76	0.72	0.22	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ago	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ago	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ago	10	100.00	0.21	0.93	0.79	0.25	0.23	0.29	0.23	0.31	0.33	0.46	0.45	0.87	2.77	9.13	20.66	22.72	16.05	8.96	7.07	5.52	1.55	0.22	0.02	0.00										

