



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ANÁLISIS DE ESTILOS DE CONDUCCIÓN EFICIENTE PARA LA  
REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN FLOTA DE BUSES**

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

**Autor:** Pablo Alejandro Marín López

**Directores:** Ing. Wilson Patricio Calle Guamantario

Dr. José Ignacio Huertas Cardozo

Dra. Jenny Díaz Ramírez

Cuenca-Ecuador

Mayo-2015



## RESUMEN

El presente trabajo consiste en un análisis de los estilos de conducción de diferentes personas que operan los buses de la empresa “Flecha Roja S.A.” para identificar prácticas de manejo que reduzcan el consumo de combustible en la ruta Ciudad de México-Ciudad de Toluca. Identificar estas prácticas también reducirá las emisiones contaminantes mejorando la calidad del aire y disminuirá los costos operacionales de esta empresa de servicio de transporte.

El presente trabajo consta de 3 capítulos:

En el primer capítulo se describe un panorama general sobre el consumo energético en el mundo, el consumo de combustible y emisiones por parte del sector del transporte, y las estrategias actuales en materia de reducción de consumo de combustible.

En el segundo capítulo se trata el tema de la Conducción Eficiente o Eco-Driving. Se describen las conductas, consejos y reglas que deben seguir los conductores, los diferentes sistemas de navegación a bordo que inciden en la conducción y el consumo de combustible, y las ventajas de implementar un estilo de Conducción Eficiente o Eco-Driving.

En el tercer capítulo se analizan los estilos de conducción de 16 buses de la empresa “Flecha Roja S.A.” y que con la utilización de graficas descriptivas y pruebas de hipótesis se demuestra la diferencia entre varios estilos de conducción y diferentes patrones de acuerdo a la posición del automotor en los 70 kilómetros del recorrido.

Palabras claves: Conducción eficiente, Eco-Driving, Consumo específico de combustible



## ABSTRACT

This current work consists on the analysis of driving styles of different people which operate the buses from “Flecha Roja S.A.” company. This serves to identify driving practices to reduce fuel consumption between the route Mexico City and Toluca City. By identifying these practices, it will also reduce pollutant emissions, improving air quality and reducing operational cost of this transport service company.

This current work has three chapters:

In the first chapter, it is described an overview about the energetic consumption in the world, the fuel and emissions consumption coming from the transportation sector, and the current strategies to reduce fuel consumption.

In the second chapter, it deals with Efficient Driving or Eco-Driving. It is described behaviors, pieces of advice and rules to be followed by bus drivers, the different navigation systems on board which impinge on driving and fuel consumption and the advantages of implementing an Efficient Driving or Eco-Driving.

In the third chapter, it is analyzed the driving styles of sixteen buses from the “Flecha Roja S.A.” company, and by using descriptive graphics and hypotheses test, it was demonstrated the difference between several driving styles and different patterns in accordance with the position of the bus in the seventy kilometers of travel.

Key words: Efficient Driving, Eco-Driving, Specific fuel consumption.

**TABLA DE CONTENIDO**

INTRODUCCION .....	14
CAPITULO 1 .....	15
CONSUMO ENERGÉTICO, EMISIONES GLOBALES Y ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN.....	15
1.1. Panorama sobre el consumo energético del sector de transporte a nivel mundial. ....	15
1.2. Consumo de combustible y emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte.....	16
1.3 Estrategias para mejorar la eficiencia del consumo de combustible en los vehículos.....	18
1.3.1 Reducción del coeficiente de resistencia aerodinámica. ....	20
1.3.2 Reducción del peso del vehículo(Atabani et al., 2011).....	20
1.3.3 Reducción de la resistencia a la rodadura.....	21
1.3.4 Reducción de los requerimientos de potencia del vehículo. ....	21
1.3.5 Implementación de nuevas tecnologías en el motor y de un mantenimiento adecuado.....	22
1.3.6 Implementación de nuevas tecnologías en el tren de transmisión de energía.....	23
1.3.7 Implementación de fuentes de energías alternativas.....	24
1.3.8 Implementación de un estilo de conducción eficiente.....	25
CAPITULO 2 .....	26
CONDUCCIÓN EFICIENTE O ECO-DRIVING .....	26
2.1. Definición. ....	26
2.2. Conductas, consejos y principales reglas de conducción eficiente. ....	27
2.3. Sistemas de navegación a bordo. ....	30
2.3.1. Sistemas de navegación por satélite .....	31
2.3.2. Asistentes de congestión.....	31
2.3.3. Adaptación inteligente de velocidad .....	31
2.4. Ventajas de la conducción eficiente. ....	32
CAPITULO 3 .....	35
ANALISIS DE LOS DE LOS ESTILOS DE CONDUCCIÓN DE LOS BUSES DE LA EMPRESA “FLECHA ROJA S.A.” .....	35



3.1. Antecedentes, recolección de información.....	35
3.2. Pre-procesamiento de Datos.....	38
3.3. Identificación y análisis de cada kilómetro de los mejores y peores .....	41
3.3.1. <i>Consumo específico de combustible</i> .....	41
3.3.2. <i>Exploración de kilómetros y segmentación del recorrido</i> .....	44
3.4. Análisis de velocidad del motor, velocidad del vehículo y carga de acelerador.....	54
3.5. Análisis con prueba de hipótesis.....	60
3.5.1. <i>Prueba de hipótesis de diferencia de medias</i> . ....	60
3.5.2. <i>Prueba de hipótesis de diferencia de varianzas</i> . ....	61
3.5.3. <i>Prueba de hipótesis entre mejores y peores para la velocidad del motor</i> . 62	
3.5.4. <i>Prueba de hipótesis entre mejores y peores para la velocidad del vehículo</i> . ....	66
3.5.5. <i>Prueba de hipótesis de la velocidad del motor entre secciones de los mejores</i> .....	69
3.5.6. <i>Prueba de hipótesis de la velocidad del vehículo de mejores</i> . ....	72
3.6. Resultados .....	75
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES .....	81
BIBLIOGRAFÍA .....	83
ANEXOS .....	85
ANEXO 1.- CONSUMO PROMEDIO DE COMBUSTIBLE.....	86
ANEXO 2. ANÁLISIS DE CADA KILÓMETRO DEL RECORRIDO TOL-MEX..	88
ANEXO 3.- TABLA DE LÍMITES PARA LA VELOCIDAD DEL MOTOR .....	229
ANEXO 4.- TABLA DE LÍMITES PARA LA VELOCIDAD DEL VEHÍCULO. ...	231



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución energética del sector de transporte a nivel mundial en el 2001. Fuente: Atabani et al., 2011 .....	15
Figura 2. Consumo total de líquidos del mundo, consumo de líquidos de transporte y otros sectores de consumo líquidos de consumo entre 2007 y 2035. Fuente: Atabani et al., 2011 .....	16
Figura 3. Flujos de energía para un auto mediano de pasajeros último modelo bajo: (A) conducción urbana; (B) conducción en carretera. Fuente Atabani et al., 2011 .....	19
Figura 4. Fotografía de un autobús del grupo Flecha Roja S.A. Fuente: Daniel Cordero. ....	37
Figura 5. Carretera México-Toluca. Fuente: Google earth. ....	39
Figura 6. Ruta México-Toluca (MEX-TOL), altitud vs kilómetro. Fuente: El autor .	40
Figura 7. Consumo promedio de combustible. Fuente: EL autor. ....	43
Figura 8. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del motor, tramo 10. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor. ....	45
Figura 9. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del vehículo, tramo 10. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor. ....	45
Figura 10. Diagramas de cajas y bigotes para la carga de aceleración, tramo 10. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor. ....	46
Figura 11. Histograma de porcentaje de uso de la marcha, tramo 10. Izquierda mejores, Derecha peores. Fuente: El autor.....	46
Figura 12. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del motor, tramo 15. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor. ....	47
Figura 13. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del vehículo, tramo 15. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor. ....	48
Figura 14. Diagramas de cajas y bigotes para la carga de aceleración, tramo 15. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor. ....	48
Figura 15. Histograma de porcentaje de uso de la marcha, tramo 15. Izquierda mejores, Derecha peores. Fuente: El autor.....	49



Figura 16. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del motor, tramo 44. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor..... 50

Figura 17. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del vehículo, tramo 44. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor. .... 50

Figura 19. Diagramas de cajas y bigotes para la carga de aceleración, tramo 44. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor. .... 51

Figura 18. Histograma de porcentaje de uso de la marcha, tramo 44. Izquierda mejores, Derecha peores. Fuente: El autor..... 51

Figura 20. Segmentación del recorrido MEX-TOL. Fuente: El autor ..... 53

Figura 21. Diagramas de cajas y bigotes para análisis de la velocidad del motor, tramo 27. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor .... 54

Figura 22. Diagramas de cajas y bigotes para análisis de velocidad del vehículo, tramo 27. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor .... 55

Figura 23. . Diagramas de cajas y bigotes para análisis de la carga de aceleración, tramo 27. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor. ... 56

Figura 24. Gráfica global para la velocidad del motor. Fuente: el autor. .... 57

Figura 25 Gráfica global para la velocidad del vehículo. Fuente: el autor ..... 58

Figura 26. Gráfica global para la carga de aceleración. Fuente: el autor ..... 59

Figura 27. Velocidad del motor del recorrido MEX-TOL (mejores vs peores). Fuente: El autor..... 65

Figura 28. Velocidad del vehículo del recorrido MEX-TOL (mejores vs peores). Fuente: El autor..... 68

Figura 29 Velocidad del motor del recorrido MEX-TOL (mejores). Fuente: El autor ..... 71

Figura 30. Velocidad del vehículo del recorrido MEX-TOL (mejores). Fuente: El autor..... 74

Figura 31. Límites de velocidad del motor para cada kilómetro para el recorrido MEX-TOL. Fuente El autor..... 76

Figura 32. Límites de velocidad del vehículo para cada kilómetro para el recorrido MEX-TOL. Fuente El autor..... 77



Figura 33. Límites de la carga al acelerador para cada kilómetro para el recorrido MEX-TOL: Fuente: EL autor..... 78



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aumento de consumo de combustible de un vehículo de 40t a distintas velocidades de circulación. Fuente INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA.( 2005).....	29
Tabla 2. Plantilla general entregada por la empresa DIDCOM Fuente: El autor.	37
Tabla 3. Media y varianza de los mejores y peores buses por cada sección.....	62
Tabla 4. Resultado de las pruebas de hipótesis de diferencias de medias y varianzas para la velocidad del motor entre mejores vs peores. Fuente: EL autor. .....	62
Tabla 5. Resultado de las pruebas de hipótesis de diferencias de medias y varianzas para la velocidad del vehículo entre mejores vs peores. Fuente: EL autor. ....	67
Tabla 6. Resultado de las pruebas de hipótesis de diferencias de medias y varianzas para la velocidad del motor. Fuente: EL autor .....	70
Tabla 7. Resultado de las pruebas de hipótesis de diferencias de medias y varianzas para la velocidad del vehículo entre las diferentes secciones. Fuente: EL autor .....	73



Yo, Pablo Alejandro Marín López, autor de la tesis “ANÁLISIS DE ESTILOS DE CONDUCCIÓN EFICIENTE PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN FLOTA DE BUSES”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Industrial. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor

Cuenca, 28 de mayo del 2015

Pablo Alejandro Marín López

0104232699



Yo, Pablo Alejandro Marín López, autor de la tesis “ANÁLISIS DE ESTILOS DE CONDUCCIÓN EFICIENTE PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN FLOTA DE BUSES”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor

Cuenca, 28 de mayo del 2015

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Pablo Marín López", written over a horizontal line.

Pablo Alejandro Marín López

0104232699



## **DEDICATORIA**

A mis padres, mi hermano y mi hermana  
por apoyarme de manera incondicional,  
aconsejarme y alentarme durante toda  
mi formación personal y académica.

Pablo



## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento muy especial a la directora de la carrera de Ingeniería Industrial, la Ingeniera Eliana Mercedes Coello Pons, quien hizo posible que realice esta pasantía en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Toluca.

Al Centro de Investigación en Mecatrónica Automotriz-CIMA, al Dr. José Ignacio Huertas Cardozo, a la Dra. Jenny Días Ramírez y a todos quienes también hicieron posible realizar esta pasantía, y por todo el conocimiento brindado durante estos 4 meses.

A mis padres quienes siempre me apoyaron en esta estancia en México, a mis amigos, compañeros y familiares que siempre estuvieron pendientes de mí.

Al Ing. Wilson Patricio Calle Guamantario por ser mi director de tesis y a mis compañeros de estancia en esta pasantía Fausto Mauricio Mogrovejo Tenecela, Natalia Galindo Bernal, Francy Andrea Alvarado Duarte y Luz Alejandra Magre Colorado por convertirse en mi familia en esta experiencia inolvidable.

Pablo



## INTRODUCCION

El presente trabajo es el complemento al proyecto iniciado por el Ingeniero Daniel Cordero y que fue nombrado como “*Reducción de consumo de combustibles en flota de autobuses*”. Los datos que él recopiló fueron inicialmente analizados por la Ing. Lina Tabares para el recorrido Ciudad de Toluca-Ciudad de México y en este trabajo se complementa el estudio para el recorrido Ciudad de México-Ciudad de Toluca.

Inicialmente este trabajo se involucra en el área de la eficiencia energética del sector del transporte terrestre, así como a las exigencias sociales para la disminución de la dependencia de carburantes y la reducción de impactos ambientales haciendo hincapié en el sector del transporte.

Es así que desde algunos años la investigación para la reducción de consumo de combustible de vehículos ha desarrollado diversas estrategias entre las cuales tenemos: Reducir los requerimientos de potencia, mejorar la tecnología del motor, reducir la resistencia aerodinámica y a la rodadura, utilizar fuentes de energía alternativas, modificar la transmisión del vehículo, y finalmente implementar un estilo de conducción eficiente (CORDERO, Daniel G. 2014)

Este trabajo está orientado a determinar las condiciones de conducción eficiente que deben seguir los conductores de “Flecha Roja S.A.” de acuerdo a su posición en el trayecto comprendido entre la Ciudad de México y la Ciudad de Toluca del estado Mexicano de México, para reducir el consumo de combustible a través de la técnica de conducción eficiente.

Mediante el análisis de la conducción de 16 buses monitoreados de la empresa de transporte “Flecha Roja S.A.” se plantea establecer las condiciones de operación (Velocidad del motor, velocidad del vehículo y carga del acelerador) que deben seguir los conductores en el trayecto “Ciudad de México-Ciudad de Toluca” (MEX-TOL).

## CAPITULO 1

### CONSUMO ENERGÉTICO, EMISIONES GLOBALES Y ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN.

#### 1.1. Panorama sobre el consumo energético del sector de transporte a nivel mundial.

A nivel mundial, el sector del transporte es el segundo de mayor consumo de energía después del sector industrial y representa el 30% del total de la energía suministrada a todo el mundo. En los últimos 30 años el sector del transporte ha experimentado un crecimiento constante y se cree que actualmente es responsable de casi el 60% de la demanda total del petróleo del mundo y será el sector creciente de demanda de energía más fuerte en el futuro (Atabani, Badruddin, Mekhilef, & Silitonga, 2011, p. 1).

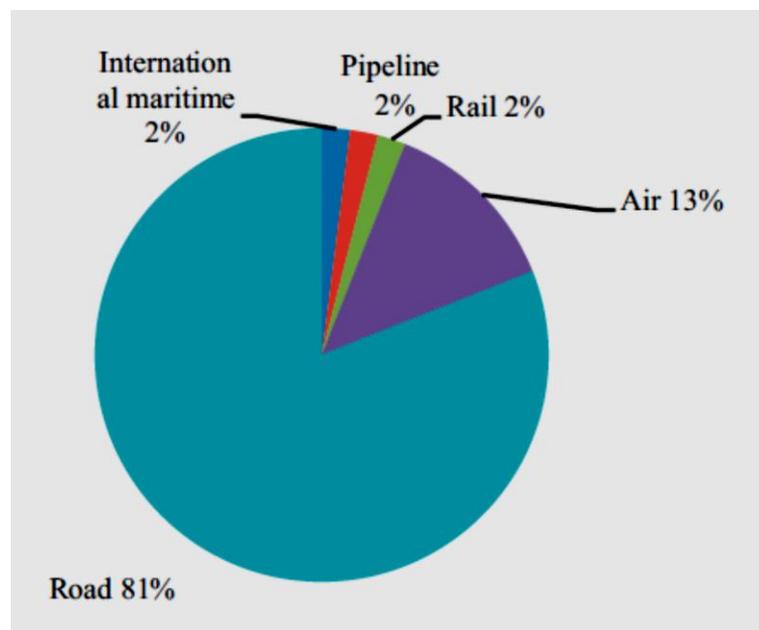


Figura 1 Distribución energética del sector de transporte a nivel mundial en el 2001. Fuente: Atabani et al., 2011



La energía usada en el sector de transporte incluye aquella consumida en traslado de personas y mercancías por carreteras, ferrovías, así como el transporte aéreo, marítima, y por tuberías. El transporte por carretera está conformado por vehículos de carga ligera como automóviles, minivans, camiones pequeños, autos deportivos y motos; y también por vehículos de carga mediana y pesada como camiones grandes para el transporte de mercancías y buses para el transporte de pasajeros (Atabani et al., 2011, p. 1). Como se puede apreciar en la figura 1, los vehículos de carretera dominan el consumo de petróleo y representan el 81% de la demanda total de energía para el transporte.

La mayor parte de la energía utilizada en el sector de transporte es en forma de combustibles líquidos. La participación del sector del transporte del total mundial de consumo de líquidos aumentó de 50% en 2002 al 53% en 2007 y espera que alcance el 61% en 2035 representando el 87% del incremento total en el consumo mundial de líquidos. (Atabani et al., 2011, p. 2). (véase la Figura 2).

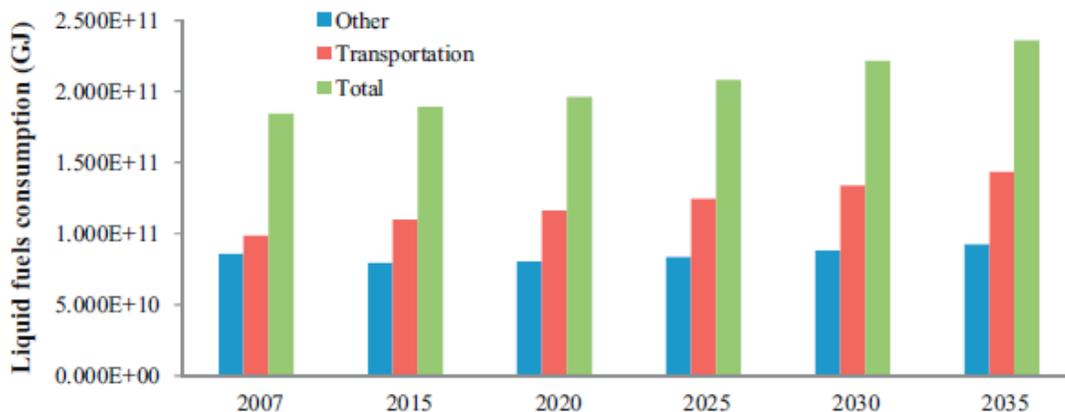


Figura 2. Consumo total de líquidos del mundo, consumo de líquidos de transporte y otros sectores de consumo líquidos de consumo entre 2007 y 2035. Fuente: Atabani et al., 2011

## 1.2. Consumo de combustible y emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte.

El consumo de combustible no solo tiene que ver con la demanda de este recurso no renovable como se mencionó anteriormente, sino que tiene que ver con



las emisiones de los diferentes gases de efecto invernadero y de contaminantes al medio ambiente.

Según Atabani et al., (2011, p. 2) el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido por el sector del transporte representa la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero alcanzando el 95%; el metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) sumados dan 1% adicional, las fugas de los Hidrofluorocarbonos (HFCs) de sistemas aire acondicionado es responsable del 3%. El sector del transporte también emite ozono, monóxido de carbono (CO) y aerosoles. Estas sustancias no son consideradas como gases del efecto invernadero, pero se cree que tiene un efecto indirecto en el calentamiento global.

Además Atabani et al. (2011) afirma que el sector del transporte representó alrededor del 23% y el 22% del total de emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> en el 2007 y 2008 respectivamente. Dentro de este sector, el transporte por carretera representa el 10% de las emisiones globales de los gases de efecto invernadero. En 2004, De acuerdo con el Panel Intergubernamental de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (IPCC), el sector de transporte fue responsable de cerca del 23% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Dentro de este sector, los vehículos de transporte de pasajeros representan alrededor del 45% de este total.

En los motores diésel, cada vez que un litro de gasóleo se quema en el motor, por el tubo de escape salen 2,6 kg de CO<sub>2</sub>. Los científicos han demostrado que del CO<sub>2</sub> que se emite a la atmósfera una parte se acumula en la misma, siendo el principal causante de la modificación del denominado “efecto invernadero” que da lugar al conocido cambio climático (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA., 2005, p. 15)

El IDAE (2005) además menciona que sustancias contaminantes son emitidas en menor cantidad en comparación con las de CO, pero que afectan la



calidad del aire y la salud de los seres vivos y el ensuciamiento de ambiente al acumularse en la atmosfera. Entre los más importantes tenemos: Monóxido de carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas.

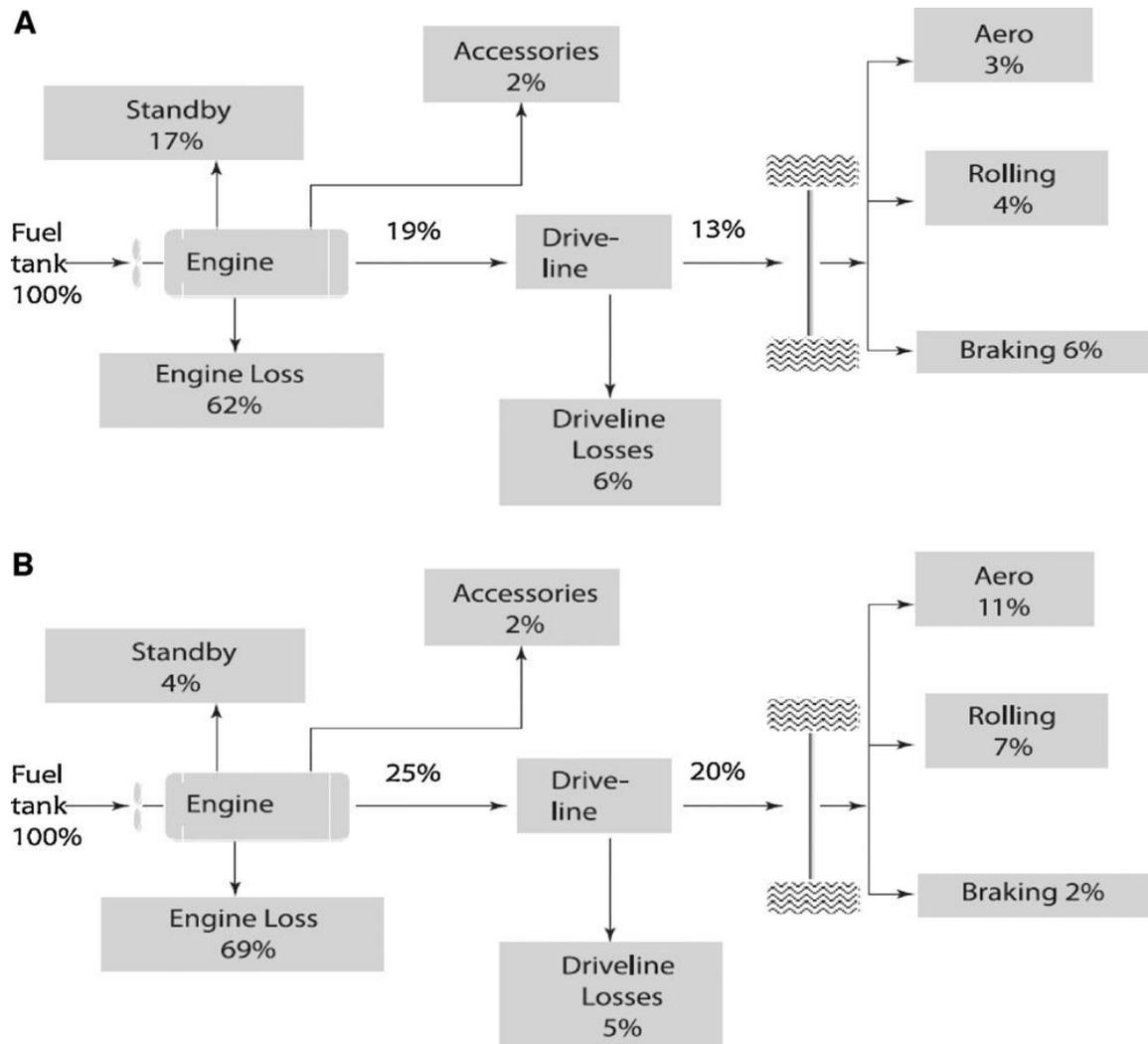
Existen muchas medidas para mejorar la economía de combustible y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos las cuales incluyen (Atabani et al., 2011):

- Establecer normas que controlen el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.
- Invertir en innovación e investigación para mejorar la tecnología de los vehículos.
- Promover el uso de combustibles alternativos como biocombustibles avanzados, celdas de hidrógeno, gas natural, y energías alternativas como vehículos híbridos y de celda de combustible.
- Establecer impuestos y cargas vehiculares que se encuentren ligados directamente al nivel de emisiones contaminantes del vehículo.
- Promover la implementación del Eco-Driving.
- Invertir en vías para el transporte de pasajeros y de carga.
- Ofrecer incentivos para aquellos vehículos con bajas emisiones contaminantes con el objetivo de fomentar la inversión en tecnologías de reducción de emisiones.
- Ofrecer capacitaciones gratuitas sobre Eco-Driving.
- Promover campañas de sensibilización e información pública sobre conducción eficiente, destacando los ahorros generados.

### **1.3 Estrategias para mejorar la eficiencia del consumo de combustible en los vehículos.**

La cantidad de combustible consumido por un vehículo de motor sobre una distancia se ve afectada por la eficiencia del vehículo en la conversión de la energía química en el combustible del motor en energía mecánica y transmitirla a los ejes para accionar las ruedas; sólo alrededor del 15-20% de la energía del

combustible se transmite en última instancia como potencia a las ruedas. (Atabani et al., 2011). La Figura 3 describe los flujos de energía y pérdidas para un auto de pasajeros con motor de gasolina convencional.



**Figura 3. Flujos de energía para un auto mediano de pasajeros último modelo bajo: (A) conducción urbana; (B) conducción en carretera. Fuente Atabani et al., 2011**

A lo largo de la historia del automóvil, numerosas investigaciones se han desarrollado para demostrar que existe una posible mejora en el consumo de combustible bastante significativa o importante para ser aplicada, ya sea cambiando partes sustanciales del vehículo, diseño o materiales. A continuación se presenta un resumen de las más importantes:



### **1.3.1 Reducción del coeficiente de resistencia aerodinámica.**

*Cuando un vehículo avanza, debe ir desplazando el aire que tiene delante y llenando el hueco que va dejando detrás. Cuanto mayor es la velocidad, mucho mayor es la potencia necesaria para realizar dicho trabajo, es decir, para vencer la resistencia aerodinámica (...). La resistencia aerodinámica depende de la sección frontal del vehículo, de la forma del camión y de la densidad del aire, y aumenta con el aumento de la velocidad elevado al cuadrado (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA., 2005).*

Los spoilers y deflectores en techo de cabina son los componentes más utilizados para modificar la aerodinámica de vehículos industriales y que, según el IDAE (2005), logran un ahorro medio de alrededor del 6% y más del 10% a la velocidad del 90Km/h.

### **1.3.2 Reducción del peso del vehículo(Atabani et al., 2011).**

Las tendencias en el peso de las diferentes categorías de vehículos de pasajeros han aumentado en los últimos 20 años. Por ejemplo, en Europa, el peso medio de los turismos y vehículos ligeros se incrementó en casi un 20% a partir de 1000 kg en 1980 a alrededor de 1,200 kg en 1998. Este incremento se debe principalmente a algunas exigencias específicas para el confort de los pasajeros como: ventanas eléctricas, asientos, espejos, aire acondicionado; y a mejoras en la seguridad como: airbags y sistemas de control de frenos.

Reducir el peso del vehículo reduce a su vez, la resistencia a la rodadura, la energía requerida para acelerar un vehículo a una velocidad dada y por lo tanto el consumo de combustible del vehículo. Se estima que una reducción de 100kg en el peso de un vehículo europeo promedio reduciría el consumo de combustible en 0.2 l/100 km y en un vehículo norteamericano podría representar un ahorro de 0.01mpg (millas por galón) de combustible.



El peso del vehículo puede reducirse a partir de una sustitución de materiales y un rediseño, dicha sustitución consiste en reemplazar materiales muy pesados por materiales ligeros como el aluminio, el acero de alta resistencia (HSS), el magnesio, el plástico y compuestos de polímeros.

### **1.3.3 Reducción de la resistencia a la rodadura.**

La resistencia a la rodadura depende del peso del vehículo y del coeficiente de fricción entre los neumáticos y la vía a una velocidad dada; el valor de dicho coeficiente varía con el material, el ancho y la presión de las llantas, sin embargo se debe tener cuidado con una reducción drástica en el coeficiente de fricción porque esto podría causar una pérdida en el agarre del neumático en condiciones húmedas, lo cual aumenta las probabilidades de sufrir un accidente (Atabani et al., 2011).

Una reducción de la presión de un neumático de 2 bares, aumenta el consumo un 2 % y reduce su vida útil en torno a un 15 %. Por otro lado, una presión excesivamente alta en los neumáticos produce, además de rebotes innecesarios en la suspensión, desgastes a saltos del mismo, principalmente concentrados en la zona central de la banda de rodadura, lo que incrementa el consumo y produce un desgaste prematuro del neumático. (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA., 2005).

Se ha demostrado que el uso de neumáticos de baja resistencia a la rodadura reduce el consumo de combustible hasta en un 3% en vehículos de carga pesada (William Vidal Geisel, Sociedad Consultora & Sistemas Sustentables Limitada, 2013)

### **1.3.4 Reducción de los requerimientos de potencia del vehículo.**

Cuando el vehículo se mueve en la vía tiene que superar la resistencia a la rodadura, la fricción entre las ruedas y la carretera, la resistencia al aire y la potencia eléctrica requerida por la gama de accesorios del vehículo que son



necesarios para su funcionamiento, así como los requeridos para la comodidad de los pasajeros. La resistencia a la rodadura aumenta débilmente con la velocidad del vehículo, la resistencia aerodinámica se incrementa en función del cuadrado de la velocidad y la potencia requerida por el motor para superar la resistencia al aire aumenta en función del cubo de la velocidad del vehículo. Por lo tanto la reducción de estos factores es trascendental para reducir la demanda de potencia, mejorando así el ahorro de combustible (Atabani et al., 2011)

### ***1.3.5 Implementación de nuevas tecnologías en el motor y de un mantenimiento adecuado.***

En todo el mundo se han desarrollado numeras tecnologías en los motores para reducir el consumo de combustible. Algunas son comunes tanto en motores de gasolina como en motores de diesel, mientras otras son más específicas para cada tipo de combustión de motor. Para Atabani et al. (2011) estas son las más importantes:

- Válvulas múltiples
- Sistemas de distribución de válvulas variable
- Reducción del tamaño del motor por turbocompresor
- Sistemas de arranque y parada
- Desactivación de cilindros
- Reducción de la fricción de pistones

En su manual, el INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2005) señala un mantenimiento adecuado de motor del vehículo como método de aplicación, pues tiene una repercusión en el consumo de carburante y hace énfasis en revisar:

- El filtro de aceite: su mal estado puede aumentar el consumo del vehículo en un 0.5%, además de una mala lubricación del motor y riesgo de sufrir averías en el motor.



- EL filtro del aire: un descuido por exceso de suciedad, puede aumentar el consumo hasta un 1,5%.
- El filtro de combustible: su mal funcionamiento causaría aumentos en el consumo de hasta 0,5% además de que, en caso de bloqueo, pararía el motor. Es importante la cantidad de agua en el filtro.

### **1.3.6 Implementación de nuevas tecnologías en el tren de transmisión de energía.**

Atabani et al. (2011) sugiere que la eficiencia del combustible de un motor se puede mejorar cuando se opera a baja velocidad de motor y con cargas elevadas. El consumo de combustible podría aumentar hasta en un 15% si el vehículo diseñado para una transmisión de 5 engranajes se opera a 4ta marcha a una velocidad constante de 100 Km/h.

A continuación se describe brevemente 2 tipos de transmisiones modernas que prometen reducir el consumo de combustible según Atabani et al. (2011):

La transmisión variable continua, del inglés *continue variable transmission* (CVT), utiliza un par de poleas de diámetro variable conectadas mediante una correa o cadena que puede producir un número infinito de relaciones motor/velocidad de rueda. Algunas ventajas de este sistema son:

- Aceleración perfecta y sin el tirón o sacudida, causado por el cambio de marcha.
- Reducción de marchas no frecuente
- Mejor eficiencia del combustible
- Se espera que este sistema genere reducciones en el consumo de combustible del 6%.

Por su parte, las transmisiones manuales automatizadas, del inglés *automated manual transmission* (AMT), combinan las mejores características de la transmisión manual y la automática. La transmisión manual es más ligera que las transmisiones automáticas convencionales y presentan pérdidas de energía menores. Las AMT no requieren el accionamiento del clutch (embrague), el



cambio automático se controla electrónicamente y se realiza por medio de un sistema hidráulico o de un motor eléctrico.

### **1.3.7 Implementación de fuentes de energías alternativas.**

Una mayor utilización de vehículos híbridos reducirían significativamente las emisiones entre 25% a 30% para los ligeramente híbridos y de 25% a 50% para los totalmente híbridos, y potencialmente mayor que 50% para los híbridos enchufables, afirma Atabani et al. (2011), y que además menciona que los vehículos eléctricos híbridos emplean un motor de combustión interna y un motor eléctrico alimentado por batería, los cuales se mencionan y se describen a continuación:

#### **1.3.7.1 Vehículos híbridos enchufables.**

Dentro de la ciudad el vehículo debe operar largos periodos en ralentí<sup>1</sup>, esto hace que la eficiencia del motor de combustión interna sea demasiado lenta; los vehículos híbridos enchufables aíslan al motor de la operación en la ciudad y por lo tanto reducen el consumo de combustible del vehículo.

Estos vehículos funcionan con baterías de almacenamiento, las cuales tienen un rango limitado de operación, suficiente para un día normal de manejo en la ciudad y son recargables al enchufarse al sistema de suministro de electricidad doméstica. Sin embargo en carretera las baterías se descargan y el vehículo es alimentado por el motor de combustión interna.

Actualmente un vehículo híbrido enchufable consume un 72% menos de gasolina que un vehículo convencional.

---

<sup>1</sup> **Ralentí:** Es el régimen mínimo de revoluciones por minuto requeridas para que un motor de combustión interna permanezca en funcionamiento



### **1.3.7.2 Vehículos totalmente híbridos.**

En este sistema las baterías son cargadas constantemente por el motor de combustión interna, lo que significa que la propulsión de estos vehículos es del todo procedente de la batería alimentada por el motor.

Actualmente un vehículo totalmente híbrido consume 30% menos gasolina que un vehículo convencional.

### **1.3.8 Implementación de un estilo de conducción eficiente.**

El INISTITUTO PARA LA DIVERSIFICACION Y AHORRO DE ENERGIA (2005) define a la conducción eficiente como “*un estilo de conducción dinámico, que implica saber adaptarse a las mejoras tecnológicas que incorporan los modernos vehículos industriales para su mejor aprovechamiento*” mientras que para Mensing, Bideaux, Trigui, Ribet, & Jeanneret (2014) el termino conducción eficiente o eco-driving es utilizado para referirse a técnicas de operación que reducen el consumo de combustible.

Implementar este tipo de estrategia es económico, pues no se modifica ninguna parte del vehículo. En el capítulo 2 de este trabajo se tocara más a fondo este tema.



## CAPITULO 2

### CONDUCCIÓN EFICIENTE O ECO-DRIVING

#### 2.1. Definición.

A lo largo de los años se han desarrollado importantes mejoras en la tecnología de los vehículos, tanto industriales, de carga y de transporte de pasajeros para optimizar el consumo de combustible y reducir las emisiones de contaminantes. Muchas son las técnicas se podrían aplicar, como se mencionó en el capítulo anterior, pero ahora se tratará sobre la técnica de la “Conducción eficiente” o “Eco-driving” pues a más de ser rápida de implementar y obtener resultados desde el primer día de aplicación, es la más económica ya que generalmente se enfoca en la conducta y hábitos del conductor al momento de manejar regidas por unas sencillas y eficaces reglas.

*El INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACION Y AHORRO DE ENERGIA (2005, pág. 9) menciona que “La conducción eficiente de vehículos industriales consiste en una serie de nuevas técnicas que, unidas a una adecuada actitud del conductor, dan lugar a un nuevo estilo de conducción que logra importantes ahorros de carburante y reducción de emisiones al medio ambiente, así como una mejora en la seguridad”*

Generalmente los conductores entienden que la conducción eficiente significa conducir más despacio. De hecho, Young, Birrell, & Stanton, (2011), citando a Anabel y Bristow (2007) menciona que aplicando el límite de velocidad de 70 km/h en las autovías y autopistas en el Reino Unido se ahorraría alrededor de una megatonelada de carbono por año, y reducir la velocidad a 60 km/h duplicaría casi al doble el ahorro de carbono. El mismo autor, citando a Andre and Hammarstrom, (2000); Haworth and Symmons (2001); El-Shawarby, I., Ahn, K., Rakha, H. (2005), afirma que la eficiencia de combustible está en su máximo entre



60 y 80 km/h ya que esto optimiza el equilibrio entre la superación de resistencia a la rodadura y el aumento de la resistencia del viento.

Otras creencias sobre la conducción eficiente es evitar paradas innecesarias y mantener niveles bajos de desaceleración. Pues si bien todas estas pequeñas reglas contribuyen a una conducción eficiente, no son las únicas existentes (Atabani et al., 2011). En la literatura también se encuentran entre las reglas de conducción eficiente el mantenimiento preventivo, la utilización de cualquier clase de vehículos híbridos entre otros, pero solo se tratarán aquellas reglas, consejos o técnicas que involucran la actitud del conductor (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA., 2005).

## **2.2. Conductas, consejos y principales reglas de conducción eficiente.**

La conducción eficiente está basada en una serie de pautas de comportamiento que conforman una actitud determinada en la conducción del vehículo. Las técnicas de la conducción eficiente van indisolublemente ligadas a esta actitud ante la conducción, hasta el punto de que, sin la aplicación de estas pautas de comportamiento, no se podrán ejecutar las mismas de forma adecuada y precisa; estas son (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA., 2005, p. 37):

- **Prever las situaciones peligrosas y anticipar a tiempo las maniobras a ejecutar.** Para evitar verse comprometido en maniobras peligrosas.
- **Evitar las aceleraciones y frenazos continuos.** Con la práctica de una conducción eficiente se logran ahorros de más del 30% de combustible respecto a una conducción agresiva, basada en continuas aceleraciones y frenazos bruscos.
- **Evitar los periodos de consumo con el vehículo detenido y con el motor funcionando a ralentí.** Pues esta práctica conlleva a consumir carburante y emitir CO<sub>2</sub> de forma innecesaria. Se debe parar el motor del vehículo ante detenciones cuya duración se prevea superior a los 2



minutos, salvo en vehículos que dependan del continuo funcionamiento de su motor para su correcto uso de sus servicios auxiliares. En autobuses no será posible realizar esta práctica, ya que los sistemas de confort que incorpora el vehículo para los pasajeros hacen uso del mismo (mantenimiento de una correcta temperatura, así como de una ventilación adecuada).

- **Usar cargas parciales del acelerador para el inicio del movimiento del vehículo.** Se debe evitar en lo posible hacer funcionar el vehículo con el acelerador a plena carga. Para iniciar el movimiento de un vehículo con el motor ya caliente, a la salida de un semáforo después de llevar un rato circulando, o después de una detención en un puesto de pago de peaje, etc., se utilizarán cargas parciales de acelerador y regímenes de revoluciones relativamente bajos, dentro de la zona verde del cuentarrevoluciones.
- **Seleccionar adecuadamente la marcha en el cambio.** En condiciones favorables el cambio de marcha se realizara de tal forma que tras la realización del cambio las revoluciones que indica el cuentarrevoluciones sean las correspondientes al inicio de la zona verde. Para esto se ejecutará el cambio cuando el cuentarrevoluciones este en el intervalo medio alto de la zona verde del cuentarrevoluciones. En situaciones más comprometidas (por ejemplo, en la incorporación a una autovía), el cambio de marchas se realizará a mayores revoluciones.
- **Saltar la marcha en situaciones favorables de circulación.** Siempre en progresión creciente sin tener que recurrir al orden consecutivo de cambio. La ventaja de esta práctica es que se llegará con mayor prontitud a las marchas largas, que son en las que finalmente se va a circular, permitiendo menores consumos de carburante. Con esta práctica, además se logra la reducción del número de cambios de marcha con la consiguiente mejora en el mantenimiento del vehículo. En este caso, la realización de los cambios de marchas se llevará a cabo a más altas revoluciones que en los cambios sencillos, acelerando de forma ágil y progresiva hasta prácticamente el final



del recorrido del pedal acelerador tras la realización del cambio. El motivo de esta práctica es el de que, si normalmente un cambio de marchas en un proceso de aceleración supone una caída de revoluciones, el salto de una marchas supone una caída sustancialmente mayor de las mismas, por lo habrá que subir las revoluciones en mayor medida antes de la realización del cambio. Se recomienda realizar los cambios de marcha de forma rápida.

- **Mantener la velocidad del motor en la parte baja o inicial de la zona verde del cuentarrevoluciones.** En situaciones favorables esta condición se lograra pisando el acelerador hasta las 3/4 partes de su recorrido. Y en situaciones especiales como salto de marchas, incorporaciones a autovías, subidas, etc., el acelerador será pisado a fondo.
- **Mantener una aceleración moderada y la velocidad constante.** Se recomienda mantener una velocidad media estable, eliminando en la medida de lo posible los picos y valles de velocidad que aumentan el consumo, pero no van a suponer el llegar antes al destino final.

Tabla 1. Aumento de consumo de combustible de un vehículo de 40t a distintas velocidades de circulación. Fuente INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA.( 2005)

Velocidad (km/h)	Consumo (l/100km)
80	31
85	33
90	34,5
95	37

- **Utilizar la técnica del rodaje por inercia en desaceleraciones.** Se recomienda mantener el motor girando sin pisar el acelerador con la relación de marchas en la que se circula engranda. También se recomienda la utilización del freno motor y los retardadores de vehículos durante el mayor tiempo posible, antes de pasar a actuar sobre el freno de servicio.



- **Guardar una amplia distancia de seguridad con el vehículo precedente.** Para responder de manera adecuada a las circunstancias del tráfico y de la vía.
- **Mantener una velocidad uniforme en curvas.** Siempre que sea posible, se entrará a una curva con una velocidad adecuada a su trazado y sin usar el freno de servicio, sino solamente con la retención del motor. Durante su trazado, se mantendrá una velocidad uniforme con el pie en posición estable sobre el pedal acelerador, para luego volver a acelerar de forma progresiva a la salida de la misma.
- **Para subir una pendiente se debe continuar transitando a la misma velocidad.** Se pisa más el acelerador y sin cambiar de marcha siempre y cuando las revoluciones no bajen, o bajen muy despacio, sin salir de la zona verde del cuentarrevoluciones. Si el régimen de revoluciones descende notablemente, saliendo de la zona verde se reducirá la marcha.
- **Para bajar una pendiente se utilizará el rodaje por inercia,** para que el vehículo se acelere ayudado por la pendiente. En caso de descensos pronunciados se utilizará el freno motor en lo más posible, aumentando el régimen de giro del mismo a base de las reducciones de marchas oportunas para que el vehículo no se acelere.
- **Respetar los límites de velocidad.**

### 2.3. Sistemas de navegación a bordo.

Para mejorar y facilitar la conducción eficiente es necesario que el conductor, a más de ver hacia adelante al momento de conducir, se de la tarea de llevar su vista hacia distractores visuales. Pero como la necesidad visual al momento de conducir es alta, Young et al. (2011) en su trabajo menciona que hay mucha preocupación por las distracciones que se pueden producir tras la proliferación de los sistemas de navegación a bordo y dispositivos similares.



Los sistemas típicos de navegación a bordo son los sistemas de navegación por satélite, pero otros sistemas emergentes incluyen los asistentes de congestión vehicular, así como una serie de prototipo de dispositivos de sistemas de navegación a bordo que pretenden afectar a la seguridad y/o la economía de combustible. (Young et al., 2011).

### **2.3.1. Sistemas de navegación por satélite**

Estos sistemas son ya muy populares entre los automovilistas he influyen sobre la conducción eficiente y segura. Muchos de estos productos pueden optimizar una ruta a una de menor distancia y completar en menor tiempo.

Muchos de las funciones de estos sistemas modernos requieren mucho tiempo para completarse y requieren más miradas en comparación con los controles convencionales (faros y limpiaparabrisas, o comprobar visualmente el medidor de velocidad, RPM y combustible).(Young et al., 2011). Es por esto que las mejoras en estos dispositivos van orientadas a la disponibilidad de información en las pantallas.

### **2.3.2. Asistentes de congestión**

Estos sistemas consisten en advertir el trafico principalmente, también tienen funciones de reducir la velocidad y niveles de aceleración. Estos sistemas mejoran la seguridad, aumentan la eficiencia frente al tráfico y reducen emisiones. También la carga de trabajo se reduce. (Young et al., 2011). El problema de estos sistemas es que se enfrenta a problemas de aceptación por parte del conductor así como aclimatación conductual.

### **2.3.3. Adaptación inteligente de velocidad**

Este dispositivo también se enfrenta a problemas similares a los asistentes de cogestión vehicular, pero estos pueden tener beneficios ambientales mediante el fomento de un tráfico más suave. Además de esto Young et al.( 2011) también menciona un ahorro de combustible hasta de un 70% y de emisiones de hasta un 93% frente a otros vehículos que no tienen estos sistemas incorporados



## 2.4. Ventajas de la conducción eficiente.

La conducción eficiente es económica y fácil de implementar con resultados desde su primer día de implementación, generando ventajas económicas y ambientales entre otras. El INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (2005) de España señala algunas de estas:

- **Ahorro de energía:** Con la implementación de estas técnicas por parte del conductor del vehículo se pueden generar reducciones del orden del 10% en el consumo de combustible, lo cual contribuye a un ahorro energético para las naciones y a reducir la dependencia energética de los mismos. Existen varios trabajos que muestran resultados sobre la aplicación de varias reglas de conducción eficiente, dando ahorros de consumo de combustible del orden del 10% en promedio. Por ejemplo Young et al, (2011) a través de Haworth y Symmons (2001) menciona que se observa una reducción del 11% en el consumo de combustible luego de la formación en conducción eficiente. Un trabajo llevado a cabo en Francia es mencionado por Andrieu & Pierre,(2012) en donde dos experimentos se realizaron, el primero era comparar comportamiento de conductores normales frente a otros que recibieron consejos y “tips” de conducción eficiente dando como resultado un ahorro de consumo de combustible del 12,5%, y el segundo experimento consistía en comparar conductores normales frente a conductores que recibieron una formación con profesionales en la conducción eficiente dando como resultado un ahorro de consumo de combustible de 11.3%.
- **Ahorro económico para las empresas transportadoras:** El carburante supone la principal partida en los gastos que genera la actividad de un vehículo industrial. Una mayor eficiencia en el consumo de carburante incidirá en un ahorro de costes y por tanto, en un mayor beneficio económico para la empresa.



- **Reducción de los costos de mantenimiento:** El efecto de reducción de consumo está asociado no sólo a un menor coste en carburante, sino también a un menor coste en mantenimiento del vehículo, ya que las nuevas pautas a seguir, provocan que los distintos sistemas del vehículo (frenos, embrague, caja de cambios, motor...), estén sometidos a un esfuerzo inferior al que soportarían en el caso de la conducción convencional. Aplicando las técnicas de la conducción eficiente, se han registrado reducciones medias de utilización de la caja de cambios del orden del 30%.
- **Reducción de las emisiones contaminantes:** Con la aplicación de la conducción eficiente, no solo se reduce el consumo de combustible, sino también las emisiones de CO<sub>2</sub> y sustancias contaminantes al medio ambiente.
- **Reducción del riesgo de accidentes:** La Conducción Eficiente incrementa la seguridad en la conducción, ya que estas técnicas de conducción están basadas en la previsión y en la anticipación. Esta mejora en la seguridad está constatada a través de distintos estudios realizados en países europeos donde lleva tiempo implantada, con reducciones en las cifras y gravedad de los accidentes de tráfico. Por ejemplo Young et al.,(2011) a través de Haworth y Symmons (2001) citan datos de disminución de alrededor del 35% en las tasas de accidentes después de la formación conducción eficiente.
- **Mejora el Confort:** Además de todos los sistemas de mejora del confort que incorporan los vehículos modernos, se puede hacer que el viaje sea aún más cómodo mediante la nueva Conducción Eficiente. Ante todo la Conducción Eficiente es un estilo de conducción impregnado de tranquilidad y sosiego, que reduce las tensiones y el estado de estrés producido por el tráfico al que están sometidos los conductores.

En la actualidad el Eco-driving o conducción eficiente está bien difundida solamente en Europa en donde entra a formar parte de las políticas para cumplir



con acuerdos internacionales relacionados al calentamiento global y emisiones al medio ambiente. En Estados Unidos aun no es muy popular la conducción eficiente pues la publicidad se enfoca en la aceleración y potencia de los vehículos.



## CAPITULO 3

### **ANALISIS DE LOS DE LOS ESTILOS DE CONDUCCIÓN DE LOS BUSES DE LA EMPRESA “FLECHA ROJA S.A.”**

El análisis de los estilos de conducción de los buses de la empresa Flecha Roja S.A servirá para determinar las mejores prácticas de manejo del automotor por parte de los conductores de la propia empresa y, en el análisis final, se tomara en cuenta solo aquellas variables que el conductor puede controlar con el fin de establecer las condiciones de operación que reduce el consumo de combustible y por ende reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> y contaminantes. La ruta será entre la Ciudad de México y la Ciudad de Toluca en el Estado de México.

#### **3.1. Antecedentes, recolección de información.**

Por factores económicos y de logística, se monitoreo 16 buses de la empresa de transporte de pasajeros “Flecha Roja S.A.”. Esto lo realizo la empresa DIDCOM, la cual instaló dentro de la computadora del vehículo una tarjeta electrónica que envía datos cada segundo a un equipo que registró esta información en una hoja de cálculo. Se obtuvieron alrededor de 7000 registros (filas) para cada bus con la siguiente información:

- El número de registro,
- Hora
- Las coordenadas geográficas (latitud y longitud),
- La altitud
- La pendiente
- El consumo total de combustible
- El rendimiento
- El consumo instantáneo de combustible



- La velocidad del vehículo
- La velocidad del motor
- La distancia marcada por el odómetro
- El porcentaje de torque
- El porcentaje de carga de aceleración
- La temperatura de aceite de motor
- La temperatura de motor.

En la recolección de información es importante recalcar que el registro se realizó durante un recorrido normal, con número de pasajeros y peso de equipaje variables, con conductores diferentes, por ende estilos de conducción diferente, así también en condiciones de tráfico diferentes.

Se debe tener en cuenta que las características técnicas de los 16 autobuses del grupo Flecha Roja S.A. que siguen la ruta Toluca-México-Toluca, son las mismas para todos los automotores y son:

- Motor a diésel Cummins – ISM 425
- Transmisión ZF S8 2100
- Diferencial Meritor con paso 14/45
- Capacidad para 49 pasajeros
- Dimensiones de 2.6m x 3.6m x 12.85m
- Peso de 13850 Kg

**Tabla 2. Plantilla general entregada por la empresa DIDCOM Fuente: El autor.**

Bus	115														
Ruta	MEX-TOL														
Registro	Hora	Latitud Altitud	Longitud Altitud	Altitud	Pendiente	Velocidad (Kph)	Velocidad Motor (rpm)	Motor-Torque (%)	Carga Aceleración (%)	Odómetro (km)	Total Combustible Consumido (l)	Rendimiento (km/l)	Consumo Combustible instantáneo (l/h)	Temperatura de Aceite de Motor (C)	Temperatura de Motor (C)



**Figura 4. Fotografía de un autobús del grupo Flecha Roja S.A. Fuente: Daniel Cordero.**

### 3.2. Pre-procesamiento de Datos.

Hay que tomar en cuenta que para un correcto análisis de datos se debe hacer de acuerdo a la posición. Todos los buses serán analizados en un mismo punto de la carretera para que, al comparar las diferentes prácticas de los diferentes conductores, los resultados definan el mejor método de conducción que reduzca el consumo de combustible en un punto específico del trayecto. Los 16 buses están numerados de la siguiente manera: 6, 96, 151, 183, 184, 192, 195, 202, 377, 125, 144, 115, 160, 168, 189, MT. El método para realizar el pre-procesamiento de los datos fue el siguiente:

1. Se identificaron los puntos de inicio y el fin de la ruta México-Toluca. El punto inicial del recorrido es la Terminal Central del Norte de la Ciudad de México cuya coordenada es 19.4795; -99.1378. El punto final del recorrido es la Terminal de Autobuses de Toluca cuya coordenada es 19.2769; -99.6419.
2. Como el GPS registró datos antes de que el bus comenzara su recorrido, se comparó las coordenadas de la base de datos de cada autobús con las coordenadas de los puntos de inicio y fin del recorrido de la Ruta Patrón y solamente se tomó en cuenta los datos que comenzaban desde las coordenadas 19.4795; -99.1378 (Terminal Central del Norte de la Ciudad de México) y hasta las coordenadas 19.2769; -99.6419 (Terminal de autobuses de Toluca). De esta manera todos los buses comienzan y terminan en un mismo lugar. Todo el recorrido está asfaltado y tiene una extensión de aproximadamente 70 kilómetros. Figura 5 muestra una vista superior del recorrido:



Figura 5. Carretera México-Toluca. Fuente: Google earth.

3. Por último, para estratificar el análisis, se estableció cada mil metros un tramo y, a partir de la Ruta Patrón, se determinaron las coordenadas geográficas de cada kilómetro. Para los datos de cada bus se estableció el respectivo tramo de acuerdo a sus coordenadas.

Después de realizar este procedimiento a los datos de todos los buses, se determinó que los buses: 144, 115, 160 168, 189 no eran fiables para el análisis, debido a que los buses no terminaron el trayecto y el GPS no funcionó en algunas partes del recorrido. A continuación, en la figura 6, se presenta el gráfico de la ruta “México-Toluca” (MEX-TOL) con las variables altitud vs kilómetro para explicar la orografía del trayecto, en donde se puede apreciar sectores con diferentes pero marcadas pendientes a lo largo de varias partes del recorrido.

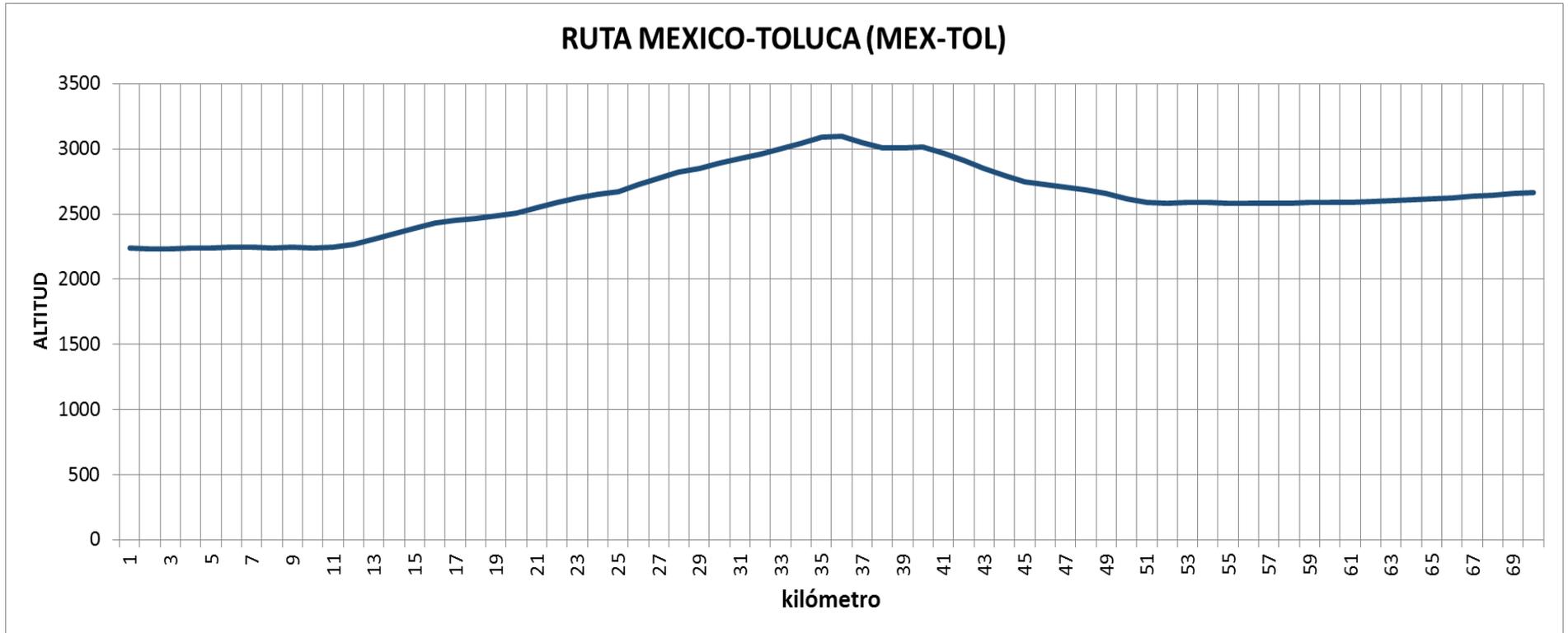


Figura 6. Ruta México-Toluca (MEX-TOL), altitud vs kilómetro. Fuente: El autor



### 3.3. Identificación y análisis de cada kilómetro de los mejores y peores

#### 3.3.1. Consumo específico de combustible

Para identificar las mejores prácticas de conducción se escogió los 3 mejores y los 3 peores buses para cada kilómetro del recorrido de acuerdo a su consumo específico de combustible, que normalmente se representan con las siglas SFC (specific fuel consumption, siglas en inglés) y cuyas unidades son Litro/kilómetro o Litro/100kilómetro. Para esto se unificó la base de datos en una sola tabla de Excel, se añadió una columna para calcular el SFC y con la ayuda de macros se procedió seleccionar los 3 mejores y los 3 peores buses por cada kilómetro del recorrido.

El cálculo del SFC no es más que el Flujo volumétrico de combustible que se consume en una determinada distancia recorrida y en un intervalo de tiempo, dividido para la distancia recorrida. A manera de fórmula se representa el SFC para cada kilómetro de la siguiente manera dada por el profesor Dr. José Ignacio Huertas para aplicar en la hoja de Excel:

$$SFC_j = \frac{1}{L_j} \sum \dot{V}_i \Delta t \quad \forall \dot{V}_i \in L_j \quad \text{Ecuación 3 - 1}$$

Dónde:

$\dot{V}_i$  = Flujo volumétrico en i unidades de tiempo ( consumo instantáneo);

$L_j$  = Distancia del kilómetro j;

$j = \{1 \dots 70\}$

En Figura 7 se representa el consumo promedio de combustible de los 3 mejores y 3 peores buses a lo largo de los 70 kilómetros, así como la altitud del recorrido. La mayor diferencia de consumo de combustible entre mejores y peores es en el tramo inicial y final. Donde mayor consumo de combustible se registra es



en la parte donde el recorrido tiene una inclinación ascendente y donde menor consumo presenta es en la parte donde el recorrido tiene inclinación descendente tanto para mejores como peores buses.

En la parte donde el recorrido es descendente, los mejores buses registraron cero SFC (consumo específico de combustible) en algunas secciones. Esto es debido a que en esta parte de la trayectoria los conductores de estos buses manejan el automotor aplicando la técnica de rodaje por inercia con marcha engranada. Ellos no presionan el acelerador y por eso no se registra el consumo específico de combustible (SFC) en estos kilómetros.



### Consumo promedio de combustible

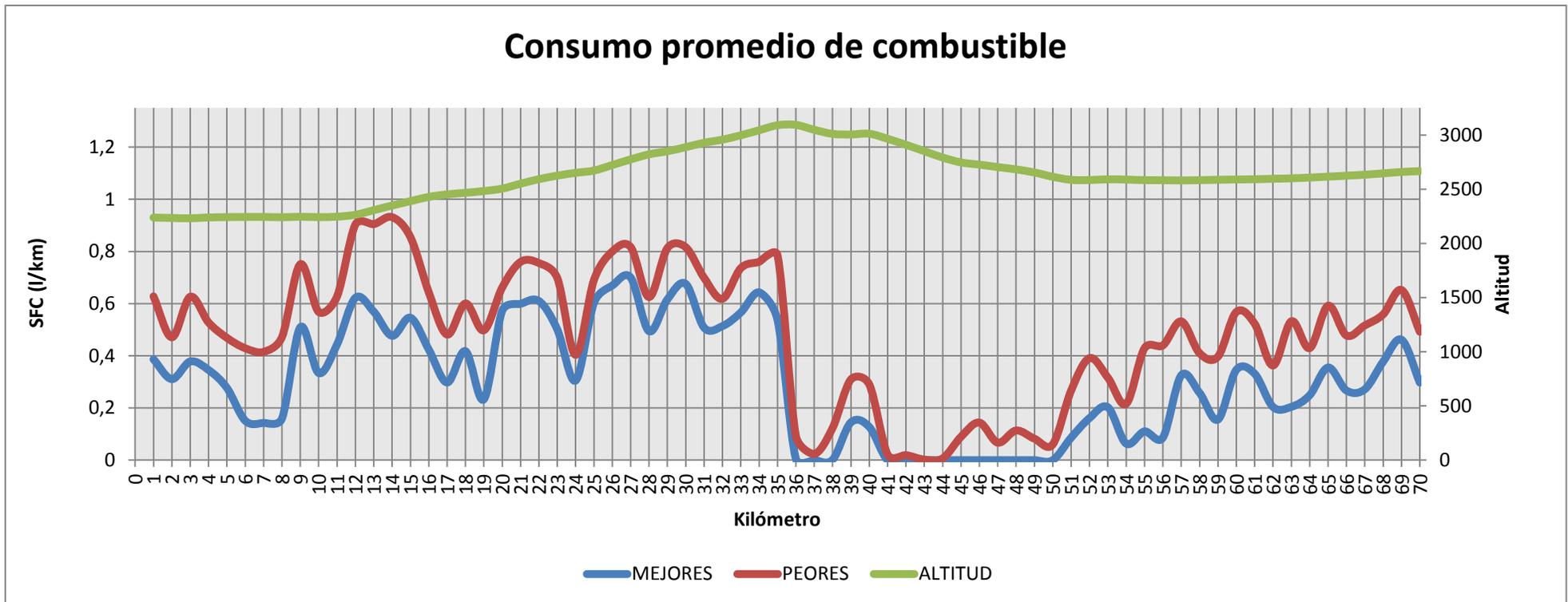


Figura 7. Consumo promedio de combustible. Fuente: EL autor.



### **3.3.2. Exploración de kilómetros y segmentación del recorrido.**

Para identificar patrones diferentes de conducción que reduzcan el consumo de combustible entre los mejores y peores buses, se analizaron las siguientes variables:

- Velocidad del motor, en RPM
- Velocidad del vehículo, en km/h.
- Carga de aceleración, en porcentaje (%).
- Uso de marcha, en porcentaje de uso.

Las variables de: temperatura del motor y temperatura del aceite del motor quedaron excluidas por no ser importante con respecto al consumo de combustible, mientras que la variable consumo instantáneo fue usada para el consumo específico de combustible, así como la velocidad del vehículo para calcular el "uso de marcha". Para analizar la velocidad del motor, la velocidad del vehículo y la carga de aceleración se utilizaron diagramas de cajas y bigotes, donde en las abscisas están el número de buses y en las ordenadas la variable a analizar; mientras que para analizar el uso de marcha se utilizaron diagramas de cajas y bigotes con la marcha en las abscisas y porcentaje de uso de marcha en las ordenadas. En los gráficos de cada uno de los kilómetros se encuentran en el

## ANEXO 2

Una vez analizado todos los tramos, se identificaron comportamientos similares en 3 partes diferentes del recorrido:

Parte 1. En esta sección se presenta una gran dispersión de datos debido a que esta zona es urbana y presenta alta congestión vehicular y por ende continuas detenciones así como uso de marchas cortas. Esta parte generalmente pertenece a partes planas del trayecto, tanto en México y Toluca. La velocidad de motor presenta valores muy bajos y altos de RPM y la velocidad del vehículo presenta valores desde cerca de los 0 km/h hasta valores que superan los 60 km/h tanto para mejores como para peores. No existe ningún patrón en el uso de marchas pues el histograma que representa su porcentaje de uso de marcha, presenta una distribución uniforme en la mayoría de estos kilómetros pues no se utiliza una marcha en especial, y la carga de aceleración tampoco presenta un patrón de comportamiento claro. Todo esto se ejemplifica a continuación con la presentación del análisis gráfico del tramo 10.

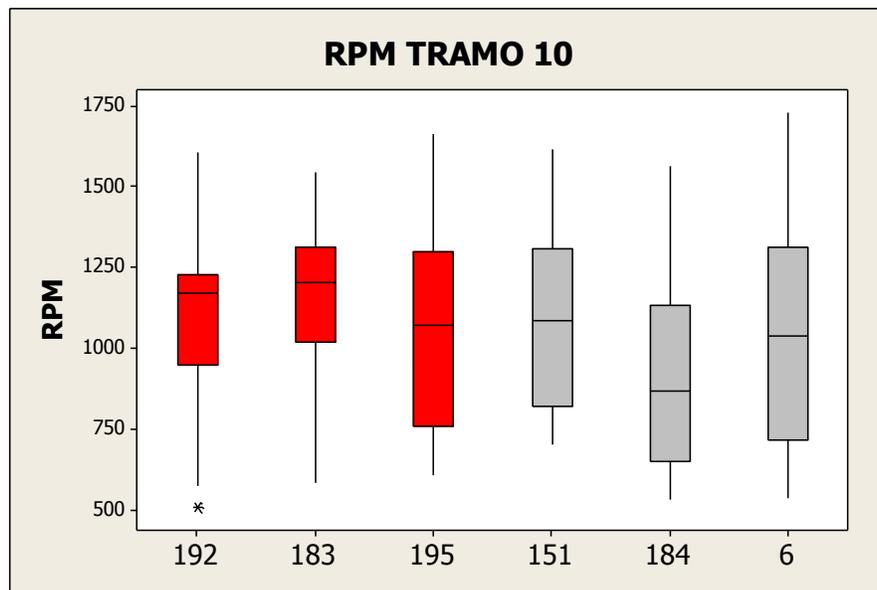


Figura 8. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del motor, tramo 10. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor.

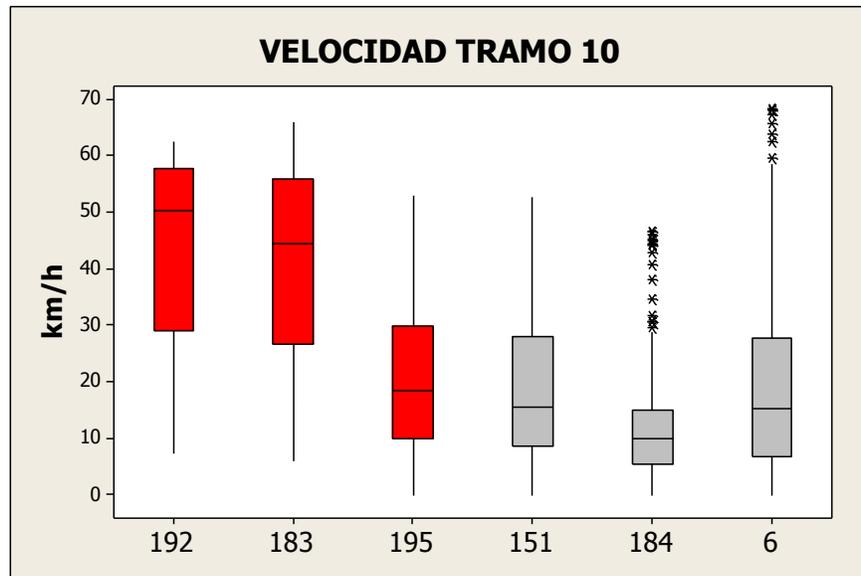
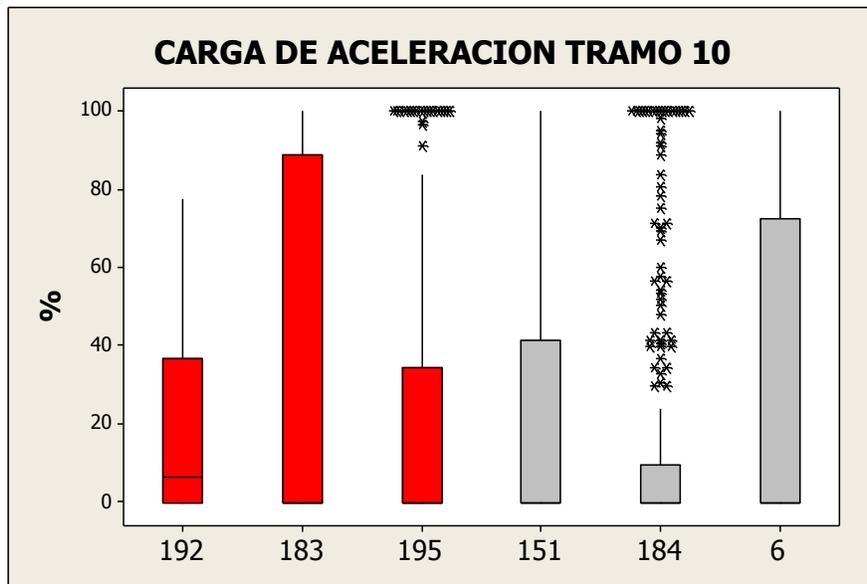
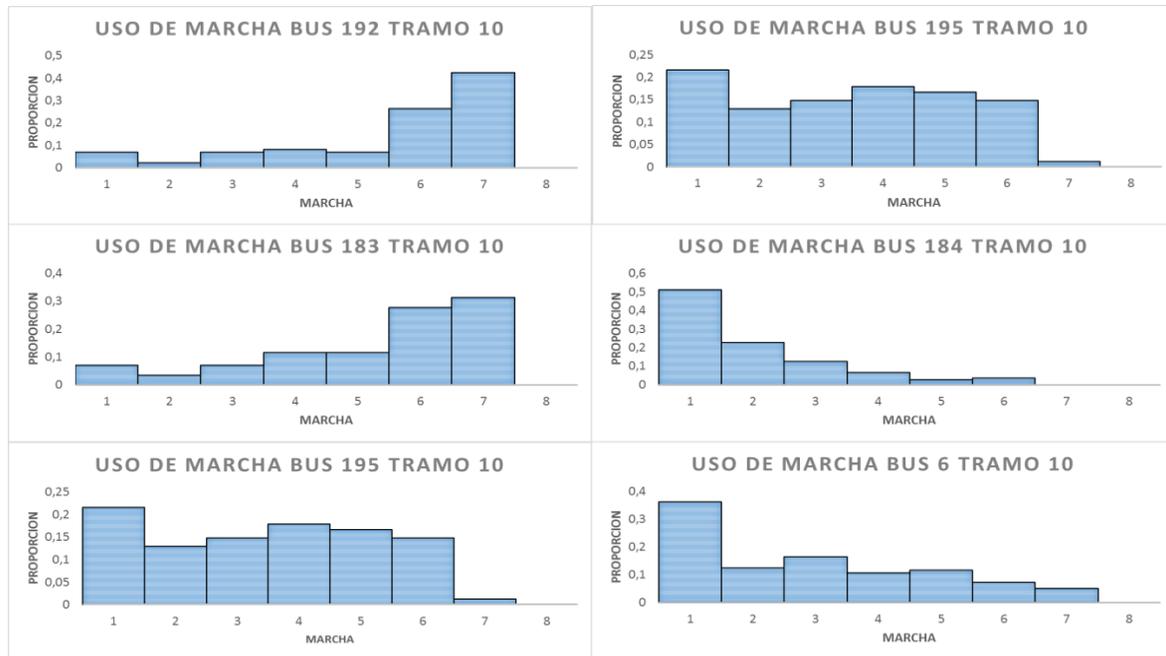


Figura 9. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del vehículo, tramo 10. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor.



**Figura 10. Diagramas de cajas y bigotes para la carga de aceleración, tramo 10. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor.**



**Figura 11. Histograma de porcentaje de uso de la marcha, tramo 10. Izquierda mejores, Derecha peores. Fuente: El autor.**

Parte 2. Aquí el recorrido presenta una pendiente ascendente y se desarrolla en la región interurbana del trayecto. Por la naturaleza de esta parte, se presentan altas velocidades, marchas largas y muy pocas detenciones debido a la escasa congestión vehicular, la prácticamente ausencia de semáforos y condiciones favorables de la vía que cuentan con tres carriles por sentido. Es por esto que existe una poca dispersión de datos y se puede apreciar una clara diferencia entre los mejores y peores buses. Los datos de velocidad de motor están entre 1100 RPM y 1600 RPM y para la velocidad del vehículo están entre 48 km/h y 73 km/h. En el caso de la carga de aceleración los mejores buses muestran un mayor porcentaje de carga, esto quiere decir que el pedal del acelerador estuvo presionado más a fondo, y en el caso del histograma de uso de marcha los mejores buses mostraron un patrón en el uso con moda en la octava marcha.



Lo expuesto anteriormente se ejemplifica a continuación con la presentación del análisis gráfico del tramo 15.

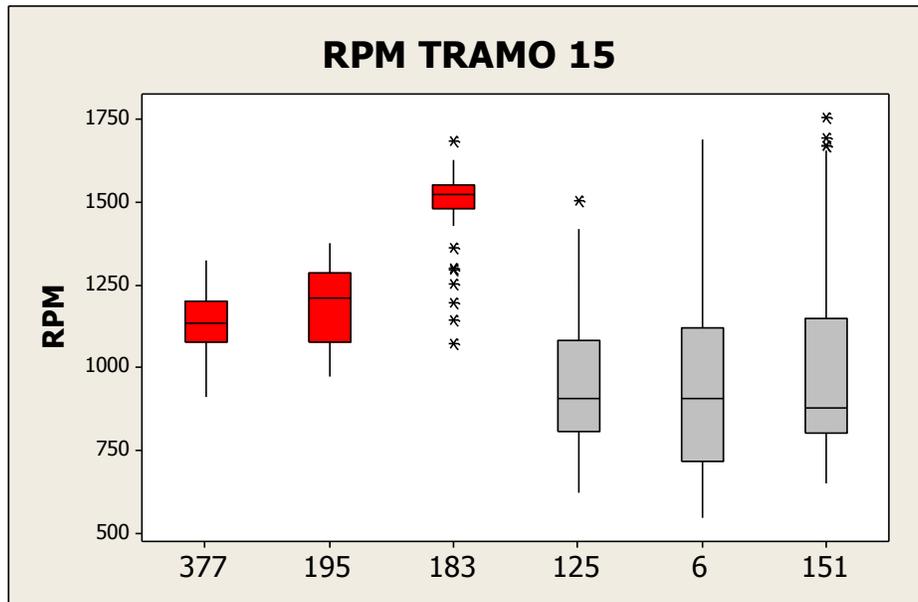


Figura 12. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del motor, tramo 15. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor.

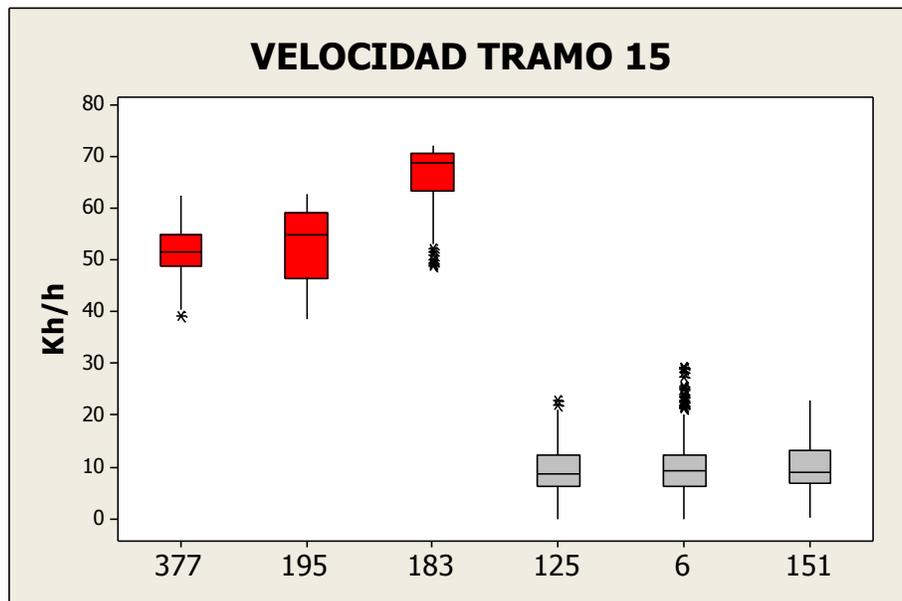


Figura 13. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del vehículo, tramo 15. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor.

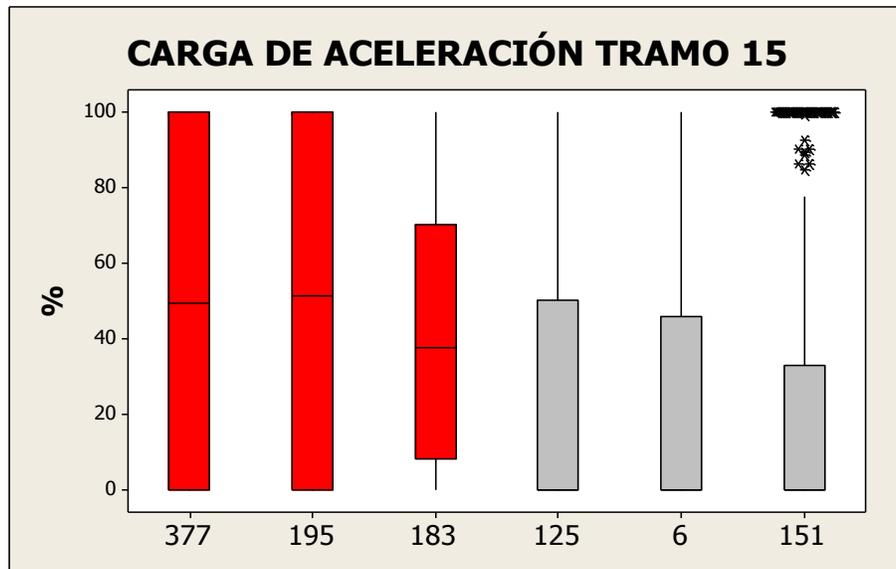
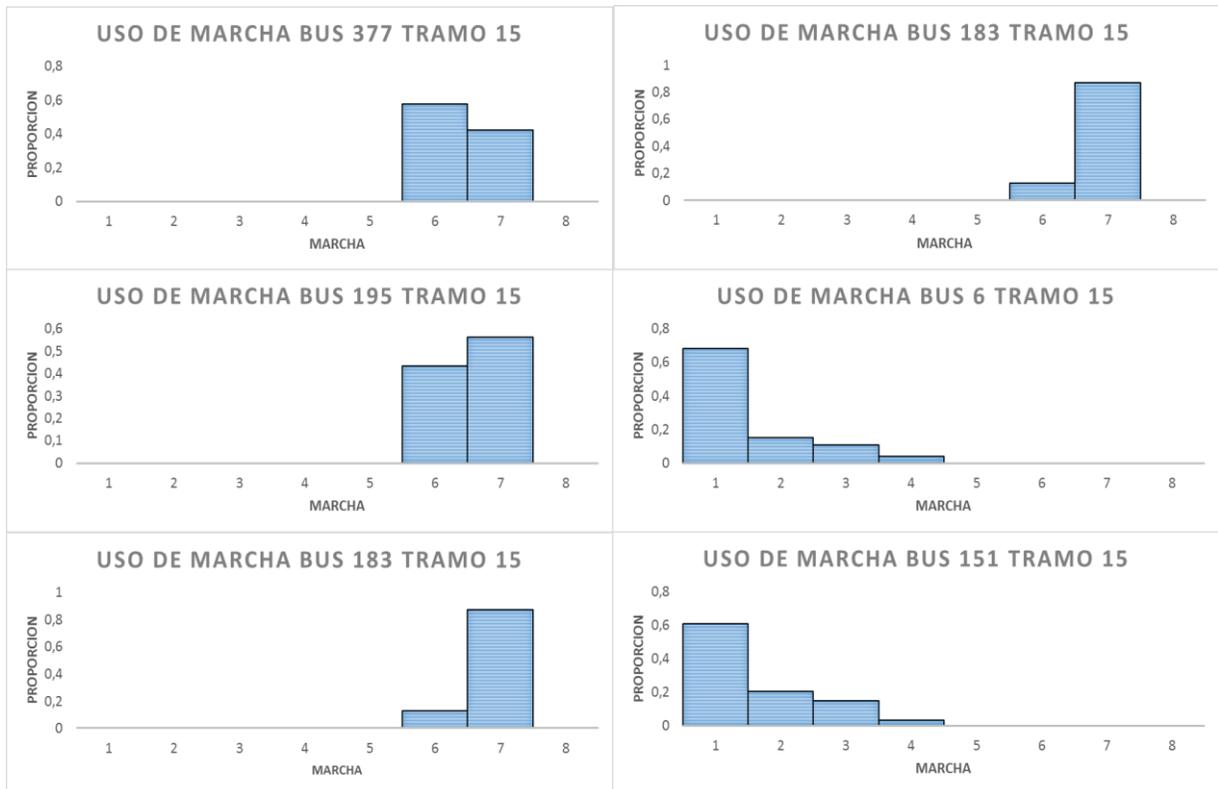


Figura 14. Diagramas de cajas y bigotes para la carga de aceleración, tramo 15. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor.



**Figura 15. Histograma de porcentaje de uso de la marcha, tramo 15. Izquierda mejores, Derecha peores. Fuente: El autor.**

Parte 3. Esta parte se encuentra en una zona interurbana y tiene una pendiente descendente. Aquí los conductores aplicaron la técnica de rodaje por inercia con marcha engranda en la mayor parte de los kilómetros dando como resultado un consumo de combustible de prácticamente 0 L/km para la mayoría de los mejores buses. Muy pocos buses registraron un consumo de combustible siendo estas muy pequeñas. Las dispersión de los datos para la velocidad del motor y la velocidad del vehículo son similares a la parte 2 ya que presenta también escasa congestión vehicular, ausencia de semáforos y la vía es de 6 carriles por sentido. Para los mejores buses, la carga de aceleración es del 0% en la mayoría de kilómetros ya que el acelerador no fue accionado por parte del conductor. Los histogramas de uso de marcha presentan su moda en la octava marcha en la mayoría de los casos.

Lo expuesto anteriormente se ejemplifica a continuación con la presentación del análisis gráfico del tramo 44.

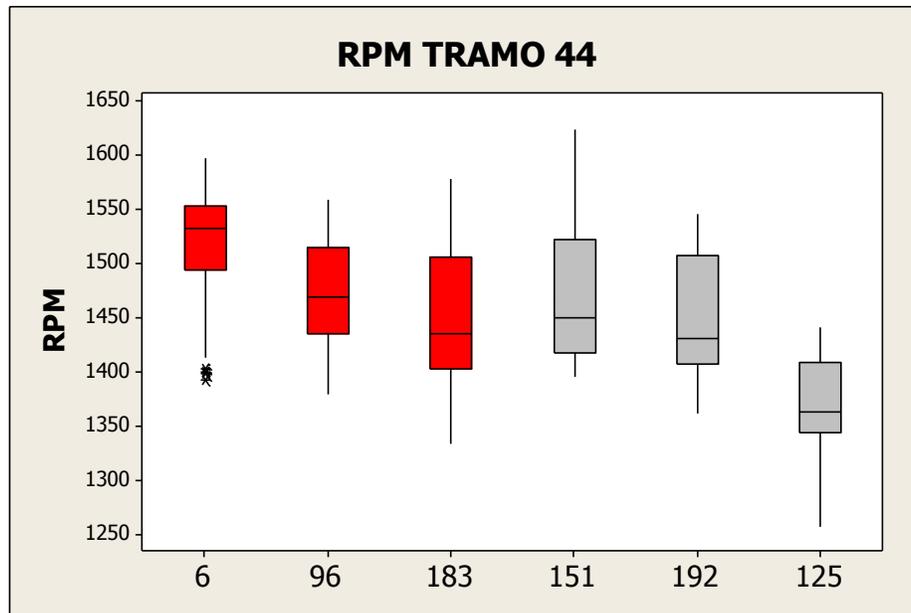


Figura 16. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del motor, tramo 44. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor.

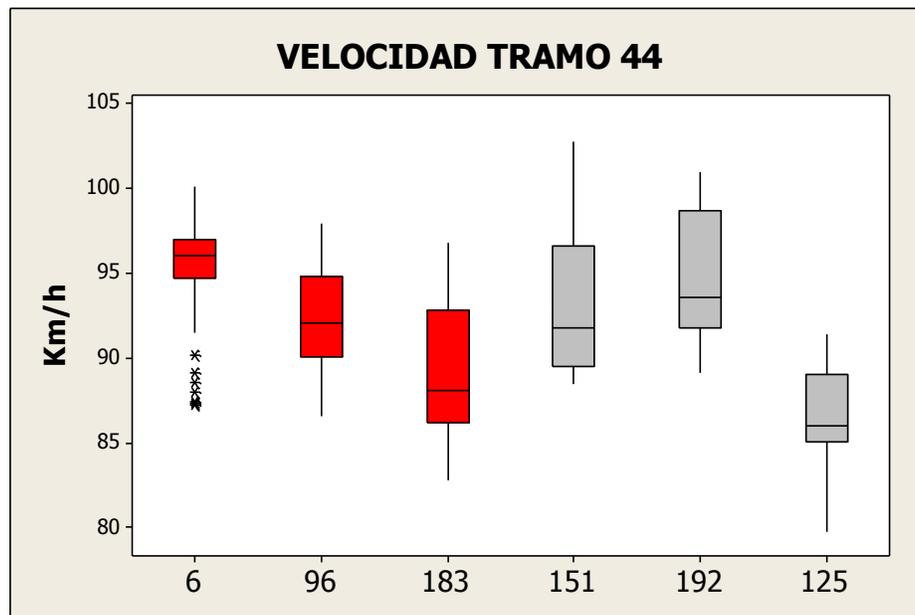


Figura 17. Diagramas de cajas y bigotes para la velocidad del vehículo, tramo 44. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor.

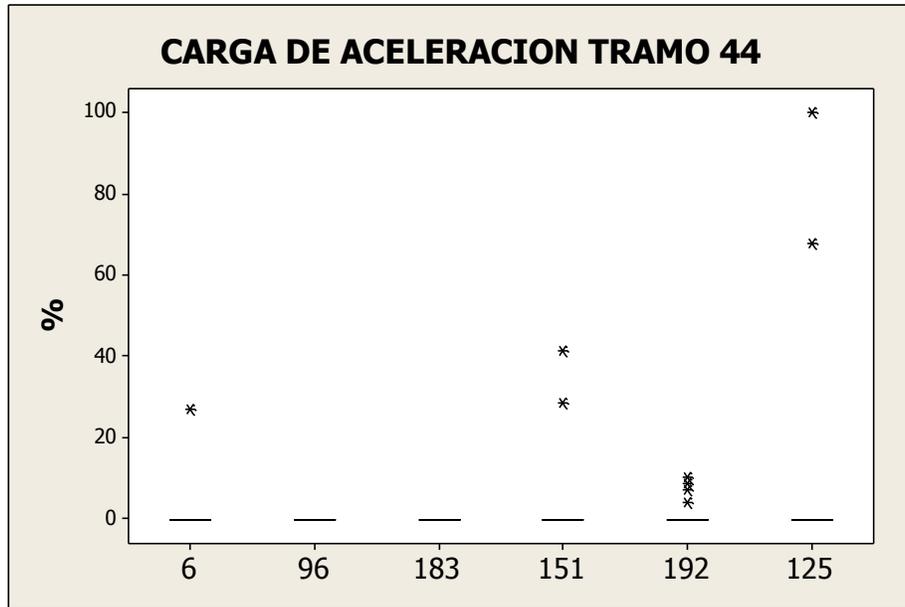


Figura 18. Diagramas de cajas y bigotes para la carga de aceleración, tramo 44. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor.

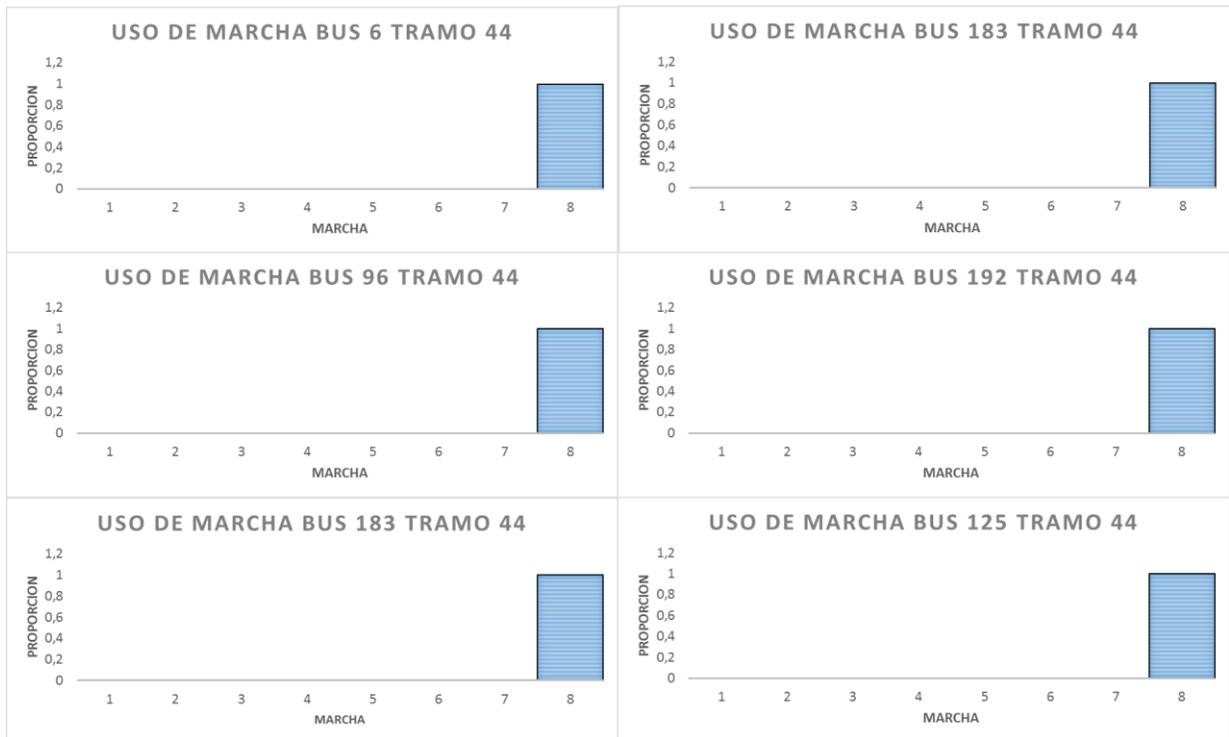


Figura 19. Histograma de porcentaje de uso de la marcha, tramo 44. Izquierda mejores, Derecha peores. Fuente: El autor.



Tomando en cuenta lo anterior y para poder realizar un análisis comparativo de los datos se dividió el recorrido en 4 secciones de acuerdo a la naturaleza del trayecto:

Sección 1. Plano Ciudad de México, está comprendida desde el kilómetro 1 hasta el kilómetro 11.

Sección 2. Subida, recorrido inter urbano, está comprendida desde el kilómetro 12 hasta el kilómetro 35.

Sección 3. Bajada, recorrido interurbano, está comprendida desde el kilómetro 37 hasta el kilómetro 51.

Sección 4. Plano Toluca, está comprendida desde el kilómetro 52 hasta el kilómetro 70.

El kilómetro 36 del recorrido MEX-TOL no se toma en cuenta para el análisis pues, aunque es una parte de trayecto plano, no pueden ser incluidas en las secciones planas de la Ciudad de México o Toluca por estar en una zona de recorrido interurbano y no estar sujeta a las mismas condiciones de tráfico vehicular, presencia de semáforos y características de la vía como en la ciudad.

A continuación se puede apreciar la segmentación del recorrido.

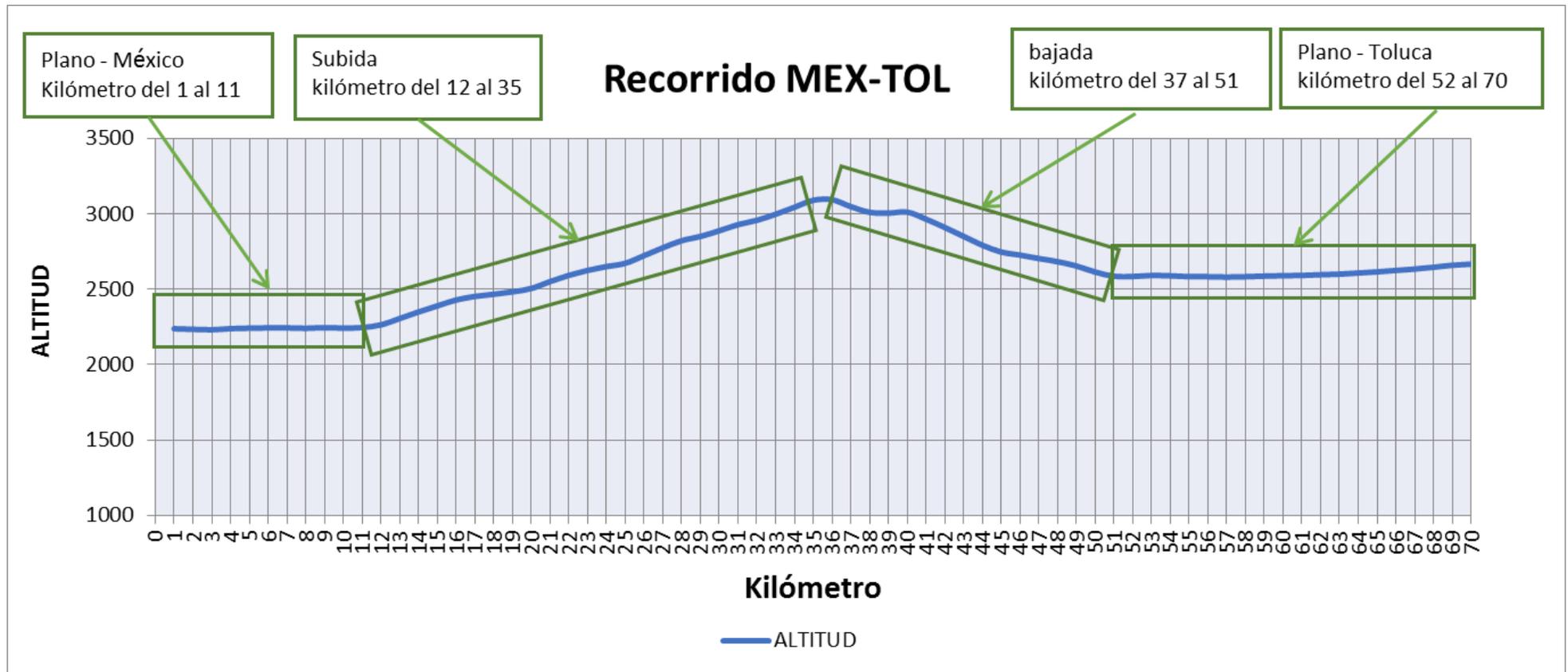


Figura 20. Segmentación del recorrido MEX-TOL. Fuente: El autor

### 3.4. Análisis de velocidad del motor, velocidad del vehículo y carga de acelerador.

Después del análisis anterior, se determinó que las variables relevantes que muestran patrones claramente diferenciables entre mejores y peores fueron la velocidad del motor y velocidad del vehículo. La carga de aceleración no mostró una clara diferencia entre mejores y peores pero si una ligera pronunciación de patrones. El histograma del porcentaje de uso de marcha fue descartado porque esta variable se calculaba a partir de los datos de velocidad del vehículo.

Para poder hacer un análisis integral de la velocidad del motor, la velocidad del vehículo y la carga de aceleración a lo largo del recorrido MEX-TOL se seleccionó 50 datos aleatorios de cada bus considerado como mejor y peor para unificarlos y poder realizar diagramas de cajas y bigotes con 150 datos para cada uno y por cada kilómetro. Esto se realizó con el fin de asegurar una muestra de datos constante en cada kilómetro y también para que la comparación entre varianzas sea correcta, además de ser 50 el número mínimo de datos en cada kilómetro. Se puede apreciar en la Figura 21 y Figura 22 lo dicho anteriormente:

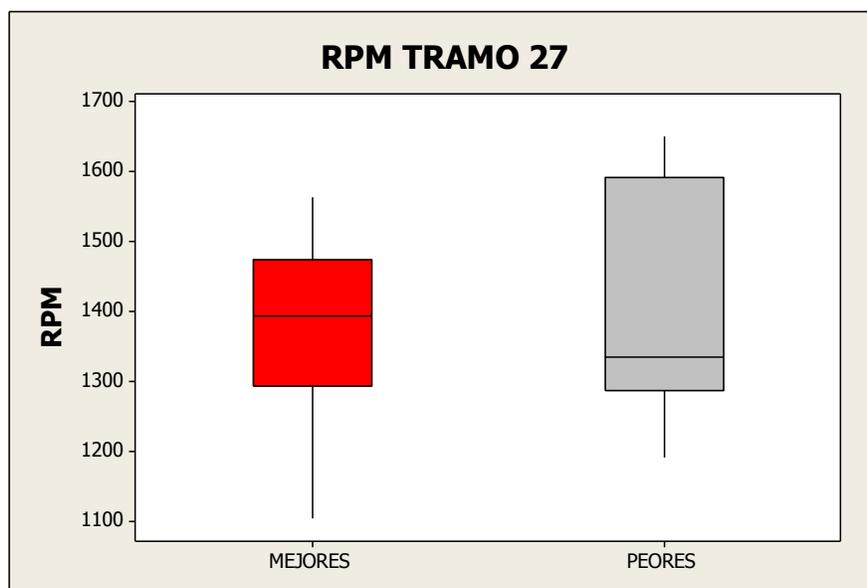


Figura 21. Diagramas de cajas y bigotes para análisis de la velocidad del motor, tramo 27. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor

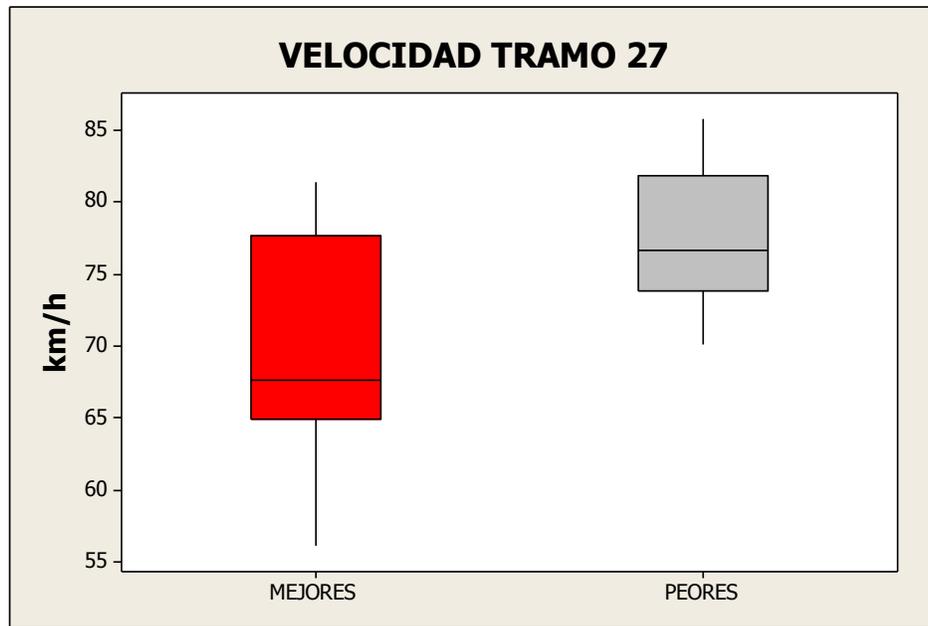


Figura 22. Diagramas de cajas y bigotes para análisis de velocidad del vehículo, tramo 27. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor

En la Figura 21 y Figura 22, a simple vista no hay una diferencia significativa entre las medianas de los mejores y peores de la velocidad del motor (RPM), pero si hay una diferencia significativa entre variabilidad de cada uno. En cambio en la velocidad del vehículo (km/h), la diferencia de medianas entre mejores y peores muestra ser significativa así como su variabilidad. . Esto hace inferir que la diferencia de un 28% el consumo de combustible promedio en este kilómetro fue debido a la variabilidad en la revoluciones que alcanzaba el motor así como a la variabilidad en la velocidad del vehículo.

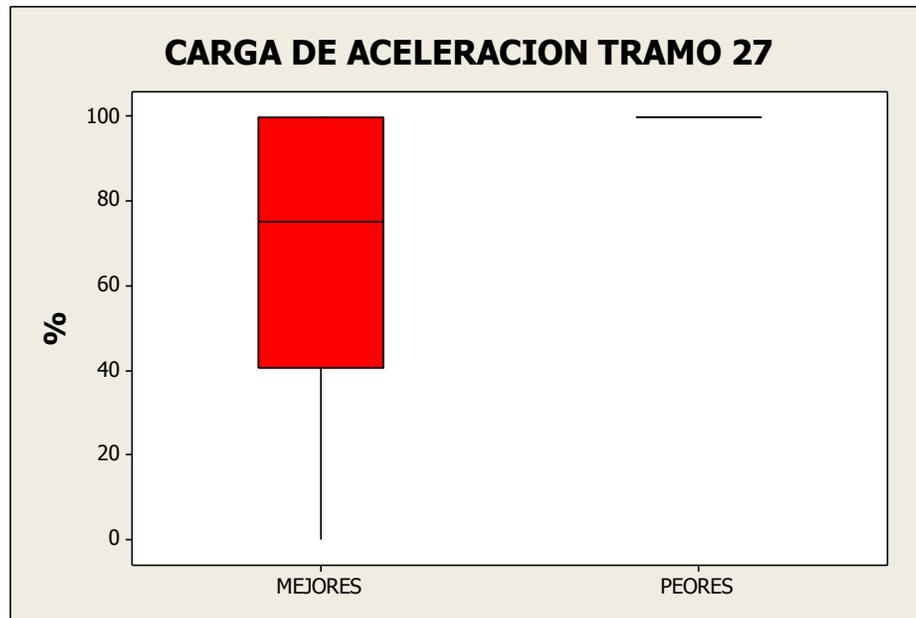


Figura 23. . Diagramas de cajas y bigotes para análisis de la carga de aceleración, tramo 27. De color rojo los mejores, de color gris los peores. Fuente: El autor.

En la Figura 23, la diferencia de la carga de aceleración es que los mejores buses presionaron el acelerador entre el 40% y 100%, mientras que los peores mantuvieron presionado el acelerador al 100% durante todo el kilómetro 27. Ver



## ANEXO 2

Este procedimiento se realizó para cada kilómetro y, para que la visualización y análisis sea integral y se pueda diferenciar el comportamiento de los datos a lo largo de la trayectoria, a continuación se presentan las gráficas con los diagramas de cajas y bigotes de la velocidad del motor (RPM), velocidad del vehículo y carga de aceleración de los 70 kilómetros de los mejores buses acompañados de una curva que describe la altitud de la ruta. En estas gráficas se puede diferenciar claramente que existe un comportamiento de datos diferentes en las 4 secciones delimitadas en el punto 3.3.2 y donde la variabilidad es evidente, tal como se indicó en el punto anterior.

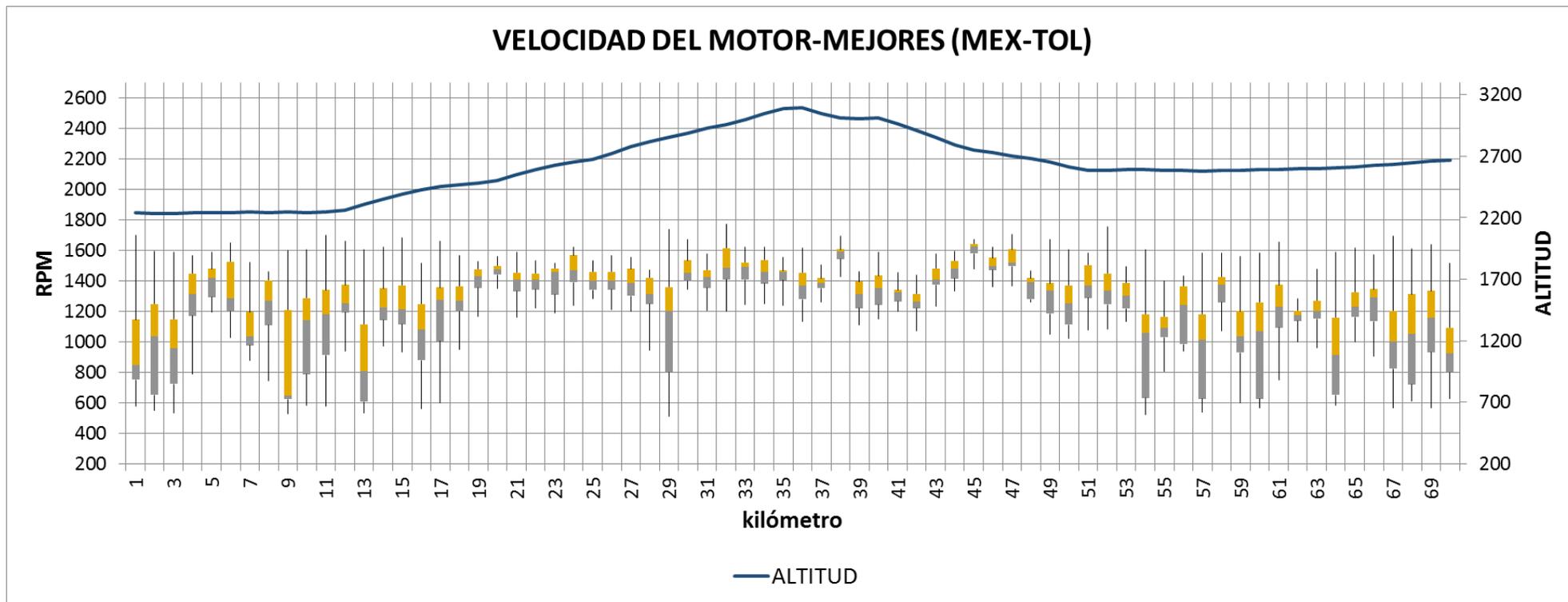


Figura 24. Gráfica global para la velocidad del motor. Fuente: el autor.

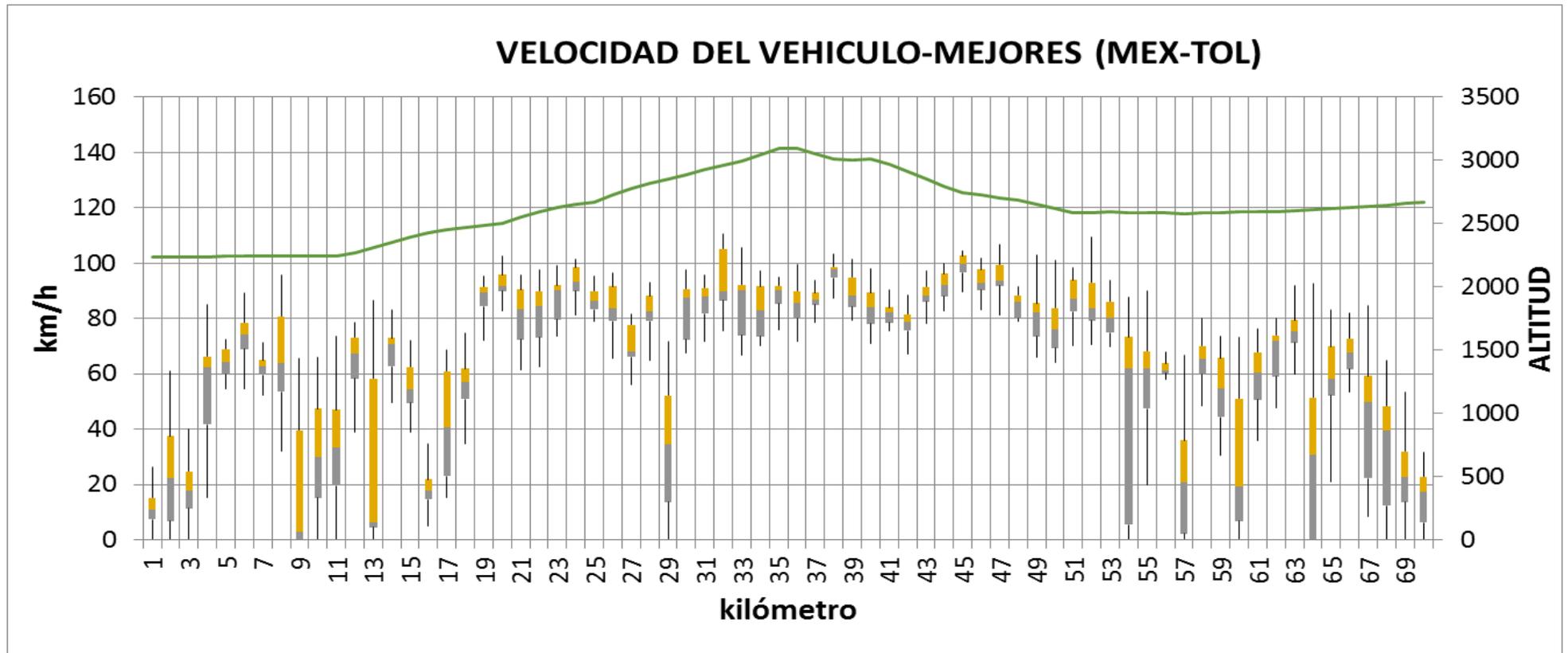


Figura 25 Gráfica global para la velocidad del vehículo. Fuente: el autor

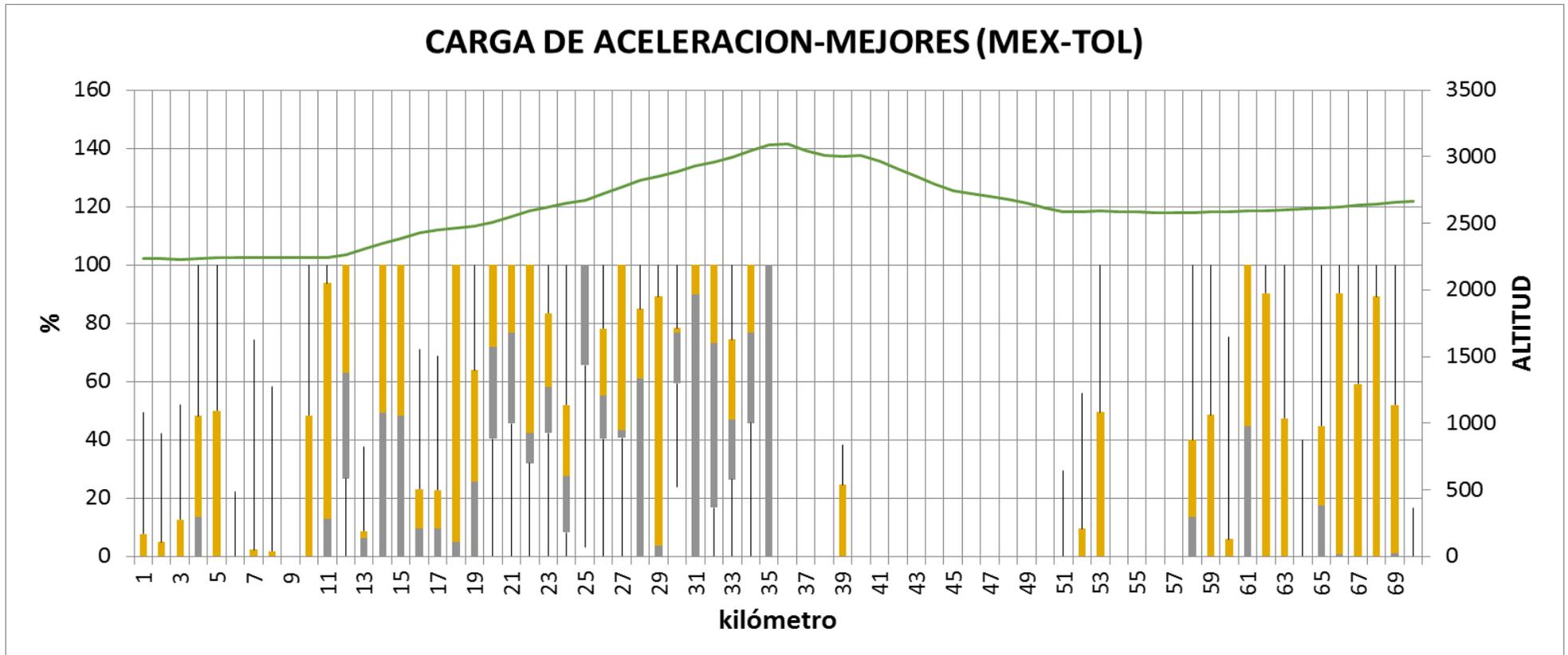


Figura 26. Gráfica global para la carga de aceleración. Fuente: el autor



### 3.5. Análisis con prueba de hipótesis.

Para demostrar que existe una diferencia significativa entre los mejores y peores buses se usaron prueba de hipótesis<sup>2</sup> de diferencia entre medias<sup>3</sup> y varianzas<sup>4</sup>, y así diferenciar y establecer un estilo de conducción eficiente a partir de los datos analizados. Las pruebas de hipótesis se realizaran entre las 4 secciones para determinar si existe o no una diferencia significativa entre ellas.

#### 3.5.1. Prueba de hipótesis de diferencia de medias.

Después de todo el análisis realizado de manera gráfica y exploratoria, se puede pensar que las medias de las variables que se analizaron son significativamente diferentes. Esto puede enunciarse como

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

en donde se aceptaría la hipótesis alternativa  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ . La hipótesis alternativa que se especifica aquí se la llama “hipótesis alternativa de dos colas” porque sería verdadera si  $\mu_1 < \mu_2$  ó si  $\mu_1 > \mu_2$ .

Para estar en posición de rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , se utilizó el estadístico Z (ecuación 3-1) que tiene una distribución normal<sup>5</sup>, donde el número de datos (n) es mayor a 30 y las desviaciones de cada muestra ( $\sigma^2$ ) son conocidas y diferentes para cada sección, además se aplicó un nivel de significancia de  $\alpha = 5\%$  (Montgomery. Douglas, 2004).

---

<sup>2</sup> Prueba de hipótesis: Proceso para analizar si una condición en un universo resulta compatible en una muestra de una población (Montgomery. Douglas, 2004)

<sup>3</sup> Media: Es el valor resultante que se obtiene al dividir la sumatoria de un conjunto de datos sobre el número total de datos. (Montgomery. Douglas, 2004)

<sup>4</sup> Varianza: Es el resultado de la división de la sumatoria de las distancias existentes entre cada dato y su media aritmética elevadas al cuadrado, y el número total de datos. (Montgomery. Douglas, 2004)

<sup>5</sup> Distribución Normal: distribución de probabilidad de variable continua que más se aproxima a fenómenos reales. (Montgomery. Douglas, 2004)



$$Z_{prueba} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Ecuación 3 - 2

### 3.5.2. Prueba de hipótesis de diferencia de varianzas.

Del mismo modo que en la diferencia de medias, la prueba de hipótesis de diferencia de varianzas es para encontrar evidencia estadística suficiente para concluir que la varianza de cada sección del recorrido MEX-TOL son diferentes. Esto puede expresarse como:

$$H_0: \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

$$H_1: \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

en donde se aceptaría la hipótesis alternativa para efecto del estudio que se está realizando y que también será una alternativa de dos colas.

Cada sección se compararán entre si como muestras independientes de tamaño  $n_1$ , y  $n_2$ . El coeficiente de las variancias muestrales es:

$$F_0 = \frac{S^2_1}{S^2_2}$$

Ecuación 3 - 3

La distribución de referencia apropiada para  $F_0$  es la distribución “F de Fisher” con  $n_1-1$  grados de libertad en el numerador y  $n_2-1$  grados de libertad en el denominador. La prueba de hipótesis nula se rechaza si  $F_{1-\alpha/2, n_1-1, n_2-1} > F_0 > F_{\alpha/2, n_1-1, n_2-1}$  donde  $F_{\alpha/2, n_1-1, n_2-1}$  y  $F_{1-\alpha/2, n_1-1, n_2-1}$  denotan los puntos porcentuales  $\alpha/2$  superior y  $1-\alpha/2$  inferior en la distribución F de Fisher con  $n_1-1$  y



$n_2-1$  grados de libertad (Montgomery. Douglas, 2004). El nivel de significación también es igual a  $\alpha = 5\%$ .

La Tabla 3 muestra los valores de las medias y varianzas de las variables por sección, además muestra el número de datos de la muestra. Cada sección será comparada entre mejores y peores con pruebas de hipótesis y entre secciones de los mejores buses para las variables de velocidad del motor y velocidad del vehículo.

**Tabla 3. Media y varianza de los mejores y peores buses por cada sección.**

SECCIÓN	VARIABLE	N	MEDIA		VARIANZA	
			Mejores	Peores	Mejores	Peores
1	RPM	1650	1118,61	880,19	86224,59	59491,10
	Velocidad	1650	41,52	9,35	689,56	96,76
2	RPM	3600	1336,64	1281,71	44083,93	71511,36
	Velocidad	3600	72,32	61,59	602,46	1181,25
3	RPM	2250	1402,53	1387,05	21126,54	21707,93
	Velocidad	2250	87,86	86,04	74,52	85,45
4	RPM	2850	1130,40	1120,26	67917,76	90953,30
	Velocidad	2850	51,63	40,98	693,47	845,30

### ***3.5.3. Prueba de hipótesis entre mejores y peores para la velocidad del motor.***

Las pruebas de hipótesis para la velocidad de motor se realizaron entre las 4 secciones que previamente se establecieron y los resultados se puede apreciar en la Tabla 4.

**Tabla 4. Resultado de las pruebas de hipótesis de diferencias de medias y varianzas para la velocidad del motor entre mejores vs peores. Fuente: EL autor.**



PRUEBA DE HIPOTESIS RPM MEJORES VS PEORES						
RECORRIDO MEX-TOL		MEDIAS		VARIANZA		
		Z(abs)	Zcrit	Fo	F crit sup	F crit inf
<b>Sección 1</b>	<b>Plano MEX</b>	25,371	1,96	1,449	1,101	0,908
<b>Sección 2</b>	<b>Subida</b>	9,693	1,96	0,616	1,068	0,937
<b>Sección 3</b>	<b>Bajada</b>	3,547	1,96	0,973	1,086	0,921
<b>Sección 4</b>	<b>Plano TOL</b>	1,358	1,96	0,747	1,076	0,929

Las pruebas de hipótesis a probar para la velocidad del motor son las siguientes:

Para la sección 1:

$$H_0: \mu_{\text{plano mex,mejor}} = \mu_{\text{plano mex,peor}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{plano mex,mejor}} = \sigma^2_{\text{plano mex,peor}}$$

$$H_1: \mu_{\text{plano mex,mejor}} \neq \mu_{\text{plano mex,peor}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{plano mex,mejor}} \neq \sigma^2_{\text{plano mex,peor}}$$

Para la sección 2:

$$H_0: \mu_{\text{subida,mejor}} = \mu_{\text{subida,peor}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{subida,mejor}} = \sigma^2_{\text{subida,peor}}$$

$$H_1: \mu_{\text{subida,mejor}} \neq \mu_{\text{subida,peor}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{subida,mejor}} \neq \sigma^2_{\text{subida,peor}}$$

Para la sección 3

$$H_0: \mu_{\text{bajada,mejor}} = \mu_{\text{bajada,peor}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{bajada,mejor}} = \sigma^2_{\text{bajada,peor}}$$

$$H_1: \mu_{\text{bajada,mejor}} \neq \mu_{\text{bajada,peor}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{bajada,mejor}} \neq \sigma^2_{\text{bajada,peor}}$$

Para la sección 4

$$H_0: \mu_{\text{plano tol,mejor}} = \mu_{\text{plano tol,peor}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{plano tol,mejor}} = \sigma^2_{\text{plano tol,peor}}$$

$$H_1: \mu_{\text{plano tol,mejor}} \neq \mu_{\text{plano tol,peor}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{plano tol,mejor}} \neq \sigma^2_{\text{plano tol,peor}}$$



En la sección 4 no se rechaza la hipótesis nula para la diferencia de medias, y para la sección 3 tampoco se rechaza la hipótesis nula para la diferencia de varianzas.

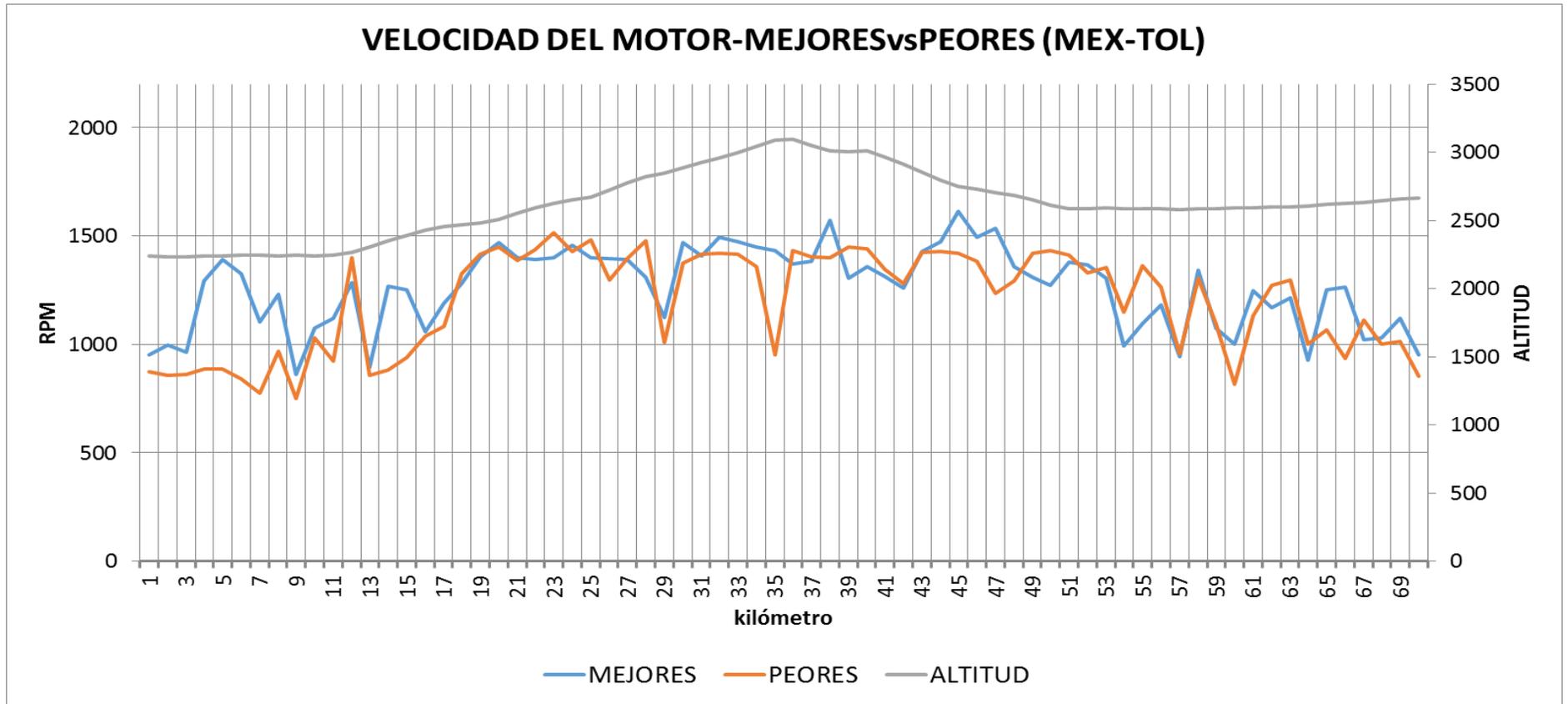


Figura 27. Velocidad del motor del recorrido MEX-TOL (mejores vs peores). Fuente: El autor



### 3.5.4. Prueba de hipótesis entre mejores y peores para la velocidad del vehículo.

Las pruebas de hipótesis para la velocidad del vehículo se realizaron entre las 4 secciones que previamente se establecieron y los resultados se puede apreciar en la Tabla 5. Las pruebas de hipótesis para la velocidad del vehículo son las siguientes:

Para la sección 1:

$$H_0: \mu_{\text{plano mex,mejor}} = \mu_{\text{plano mex,peor}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{plano mex,mejor}} = \sigma^2_{\text{plano mex,peor}}$$

$$H_1: \mu_{\text{plano mex,mejor}} \neq \mu_{\text{plano mex,peor}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{plano mex,mejor}} \neq \sigma^2_{\text{plano mex,peor}}$$

Para la sección 2:

$$H_0: \mu_{\text{subida,mejor}} = \mu_{\text{subida,peor}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{subida,mejor}} = \sigma^2_{\text{subida,peor}}$$

$$H_1: \mu_{\text{subida,mejor}} \neq \mu_{\text{subida,peor}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{subida,mejor}} \neq \sigma^2_{\text{subida,peor}}$$

Para la sección 3

$$H_0: \mu_{\text{bajada,mejor}} = \mu_{\text{bajada,peor}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{bajada,mejor}} = \sigma^2_{\text{bajada,peor}}$$

$$H_1: \mu_{\text{bajada,mejor}} \neq \mu_{\text{bajada,peor}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{bajada,mejor}} \neq \sigma^2_{\text{bajada,peor}}$$

Para la sección 4

$$H_0: \mu_{\text{plano tol,mejor}} = \mu_{\text{plano tol,peor}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{plano tol,mejor}} = \sigma^2_{\text{plano tol,peor}}$$

$$H_1: \mu_{\text{plano tol,mejor}} \neq \mu_{\text{plano tol,peor}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{plano tol,mejor}} \neq \sigma^2_{\text{plano tol,peor}}$$



A diferencia de las pruebas para la velocidad del motor, todas las hipótesis nulas fueron rechazadas, es decir que la velocidad del vehículo en cada sección del recorrido fue diferente y que se encontró evidencia estadística suficiente para determinar que la media y la variación de la velocidad entre mejores y peores es diferente.

**Tabla 5. Resultado de las pruebas de hipótesis de diferencias de medias y varianzas para la velocidad del vehículo entre mejores vs peores. Fuente: EL autor.**

<b>PRUEBA DE HIPOTESIS VELOCIDAD DEL VEHICULO MEJORES VS PEORES</b>						
<b>RECORRIDO MEX-TOL</b>		<b>MEDIAS</b>		<b>VARIANZA</b>		
		Z(abs)	Zcrit	Fo	F crit sup	F crit inf
<b>Sección 1</b>	<b>Plano MEX</b>	46,600	1,96	7,126	1,101	0,908
<b>Sección 2</b>	<b>Subida</b>	15,246	1,96	0,510	1,068	0,937
<b>Sección 3</b>	<b>Bajada</b>	6,820	1,96	0,872	1,086	0,921
<b>Sección 4</b>	<b>Plano TOL</b>	14,499	1,96	0,820	1,076	0,929

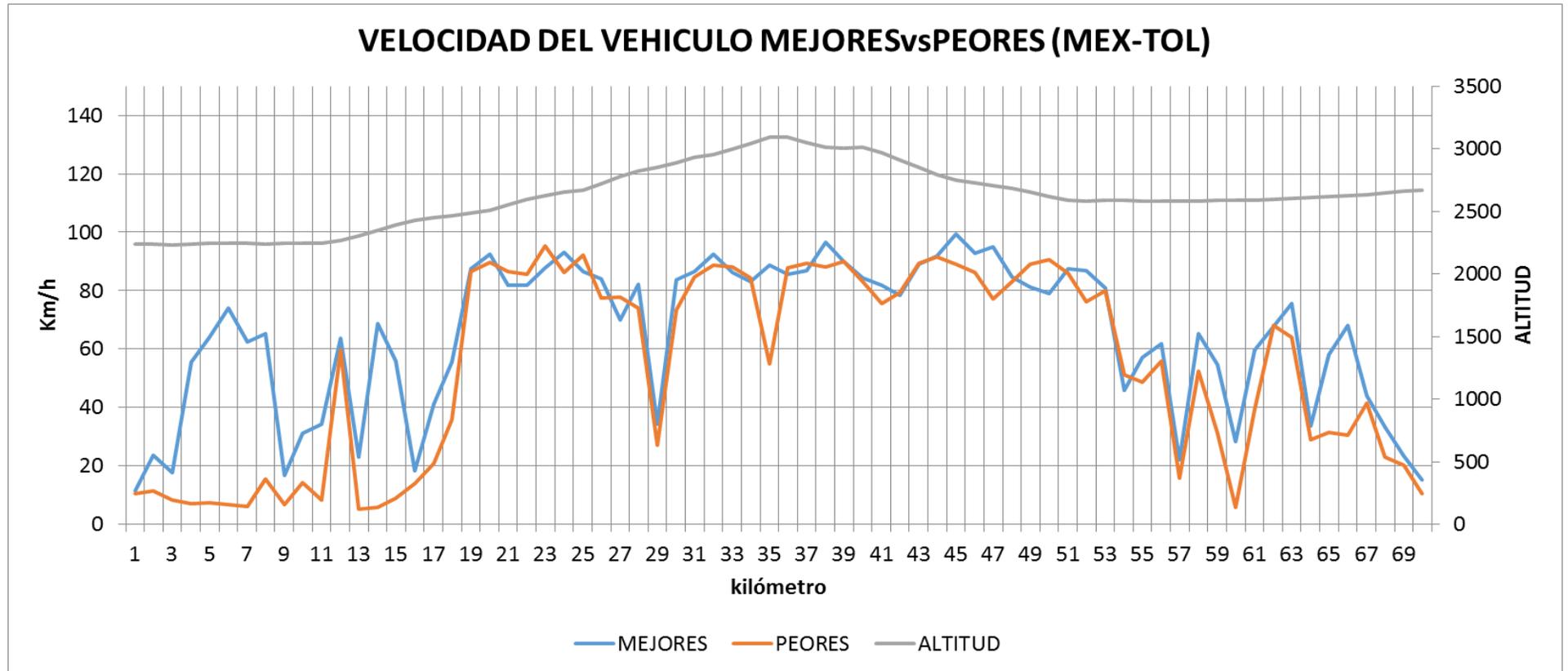


Figura 28. Velocidad del vehículo del recorrido MEX-TOL (mejores vs peores). Fuente: El autor.



### 3.5.5. Prueba de hipótesis de la velocidad del motor entre secciones de los mejores.

Para determinar que existe una diferencia significativa en la velocidad del motor entre las 4 secciones que tiene el recorrido se hicieron pruebas de hipótesis de diferencias de medias y varianzas entre ellas, cuyos resultados se pueden apreciar en la Tabla 6. Las pruebas planteadas para este caso son las siguientes:

Para la sección 1 vs la sección 2:

$$H_0: \mu_{\text{plano mex}} = \mu_{\text{subida}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{plano mex}} = \sigma^2_{\text{subida}}$$

$$H_1: \mu_{\text{plano mex}} \neq \mu_{\text{subida}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{plano mex}} \neq \sigma^2_{\text{subida}}$$

Para la sección 2 vs la sección 3:

$$H_0: \mu_{\text{subida}} = \mu_{\text{bajada}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{subida}} = \sigma^2_{\text{bajada}}$$

$$H_1: \mu_{\text{subida}} \neq \mu_{\text{bajada}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{subida}} \neq \sigma^2_{\text{bajada}}$$

Para la sección 3 vs la sección 4

$$H_0: \mu_{\text{bajada}} = \mu_{\text{plano tol}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{bajada}} = \sigma^2_{\text{plano tol}}$$

$$H_1: \mu_{\text{bajada}} \neq \mu_{\text{plano tol}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{bajada}} \neq \sigma^2_{\text{plano tol}}$$

Para la sección 1 vs la sección 4

$$H_0: \mu_{\text{plano mex}} = \mu_{\text{plano tol}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{plano mex}} = \sigma^2_{\text{plano tol}}$$

$$H_1: \mu_{\text{plano mex}} \neq \mu_{\text{plano tol}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{plano mex}} \neq \sigma^2_{\text{plano tol}}$$



Entre las secciones planas, tanto en la Ciudad de México como en Toluca, la hipótesis nula no fue rechazada para la diferencia de medias, pero si fue rechazada en la diferencia de varianzas. Mientras que en las demás comparaciones de secciones si existió una diferencia bastante significativa para rechazar las hipótesis nulas.

Tabla 6. Resultado de las pruebas de hipótesis de diferencias de medias y varianzas para la velocidad del motor. Fuente: EL autor

PRUEBA DE HIPOTESIS VELOCIDAD DEL MOTOR MEJORES						
RECORRIDO MEX-TOL		MEDIAS		VARIANZA		
		Z(abs)	Zcrit	Fo	F crit sup	F crit inf
Sección 1 vs Sección 2	Plano MEX vs Subida	27,148	1,960	1,956	1,085	0,920
Sección 2 vs Sección 3	Subida vs Bajada	14,165	1,960	2,087	1,078	0,928
Sección 3 vs Sección 4	Bajada vs Plano TOL	47,213	1,960	0,311	1,081	0,925
Sección 1 vs Sección 4	Plano MEX vs Plano TOL	1,353	1,960	1,270	1,089	0,917

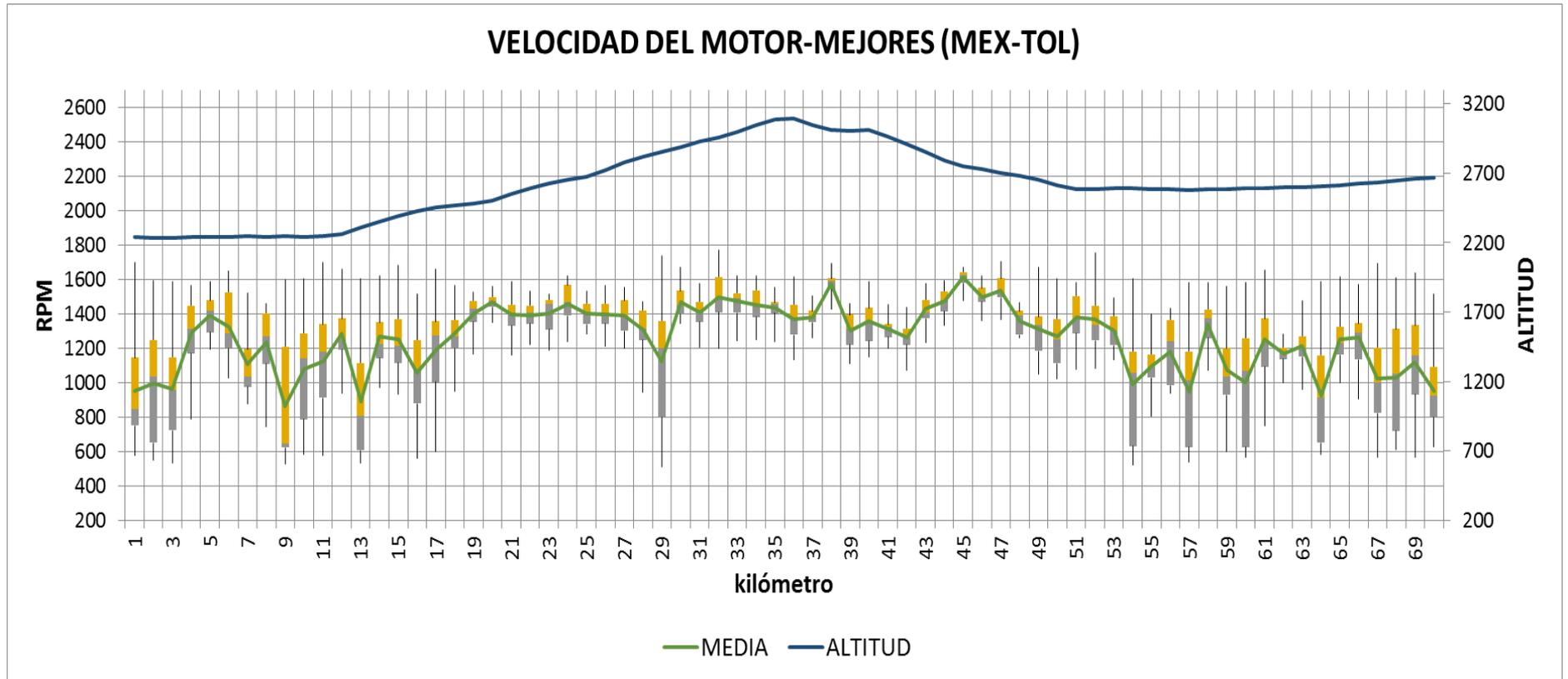


Figura 29 Velocidad del motor del recorrido MEX-TOL (mejores). Fuente: El autor



### 3.5.6. Prueba de hipótesis de la velocidad del vehículo de mejores.

De manera similar, para determinar que existe una diferencia significativa de la velocidad del vehículo entre las 4 secciones que tiene el recorrido se hicieron pruebas de hipótesis de diferencias de medias y varianzas entre ellas, cuyos resultados se pueden apreciar en la Tabla 7 . Las pruebas planteas para este caso son las siguientes:

Para la sección 1 vs la sección 2:

$$H_0: \mu_{\text{plano mex}} = \mu_{\text{subida}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{plano mex}} = \sigma^2_{\text{subida}}$$

$$H_1: \mu_{\text{plano mex}} \neq \mu_{\text{subida}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{plano mex}} \neq \sigma^2_{\text{subida}}$$

Para la sección 2 vs la sección 3:

$$H_0: \mu_{\text{subida}} = \mu_{\text{bajada}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{subida}} = \sigma^2_{\text{bajada}}$$

$$H_1: \mu_{\text{subida}} \neq \mu_{\text{bajada}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{subida}} \neq \sigma^2_{\text{bajada}}$$

Para la sección 3 vs la sección 4

$$H_0: \mu_{\text{bajada}} = \mu_{\text{plano tol}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{bajada}} = \sigma^2_{\text{plano tol}}$$

$$H_1: \mu_{\text{bajada}} \neq \mu_{\text{plano tol}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{bajada}} \neq \sigma^2_{\text{plano tol}}$$

Para la sección 1 vs la sección 4

$$H_0: \mu_{\text{plano mex}} = \mu_{\text{plano tol}}$$

$$H_0: \sigma^2_{\text{plano mex}} = \sigma^2_{\text{plano tol}}$$

$$H_1: \mu_{\text{plano mex}} \neq \mu_{\text{plano tol}}$$

$$H_1: \sigma^2_{\text{plano mex}} \neq \sigma^2_{\text{plano tol}}$$



Entre las secciones planas, tanto en la Ciudad de México como en Toluca, la hipótesis nula no fue rechazada para la diferencia de varianzas, mientras que en la diferencia de medias si fue rechazada así como en las demás comparaciones de secciones donde si existió una diferencia bastante significativa para rechazar las hipótesis nulas.

Tabla 7. Resultado de las pruebas de hipótesis de diferencias de medias y varianzas para la velocidad del vehículo entre las diferentes secciones. Fuente: EL autor

PRUEBA DE HIPOTESIS VELOCIDAD VEHÍCULO MEJORES						
RECORRIDO MEX-TOL		MEDIAS		VARIANZA		
		Z(abs)	Zcrit	Fo	F crit sup	F crit inf
Sección 1 vs Sección 2	Plano MEX vs Subida	40,262	1,960	1,145	1,085	0,920
Sección 2 vs Sección 3	Subida vs Bajada	34,707	1,960	8,084	1,078	0,928
Sección 3 vs Sección 4	Bajada vs Plano TOL	68,900	1,960	0,107	1,081	0,925
Sección 1 vs Sección 4	Plano MEX vs Plano TOL	12,439	1,960	0,994	1,089	0,917

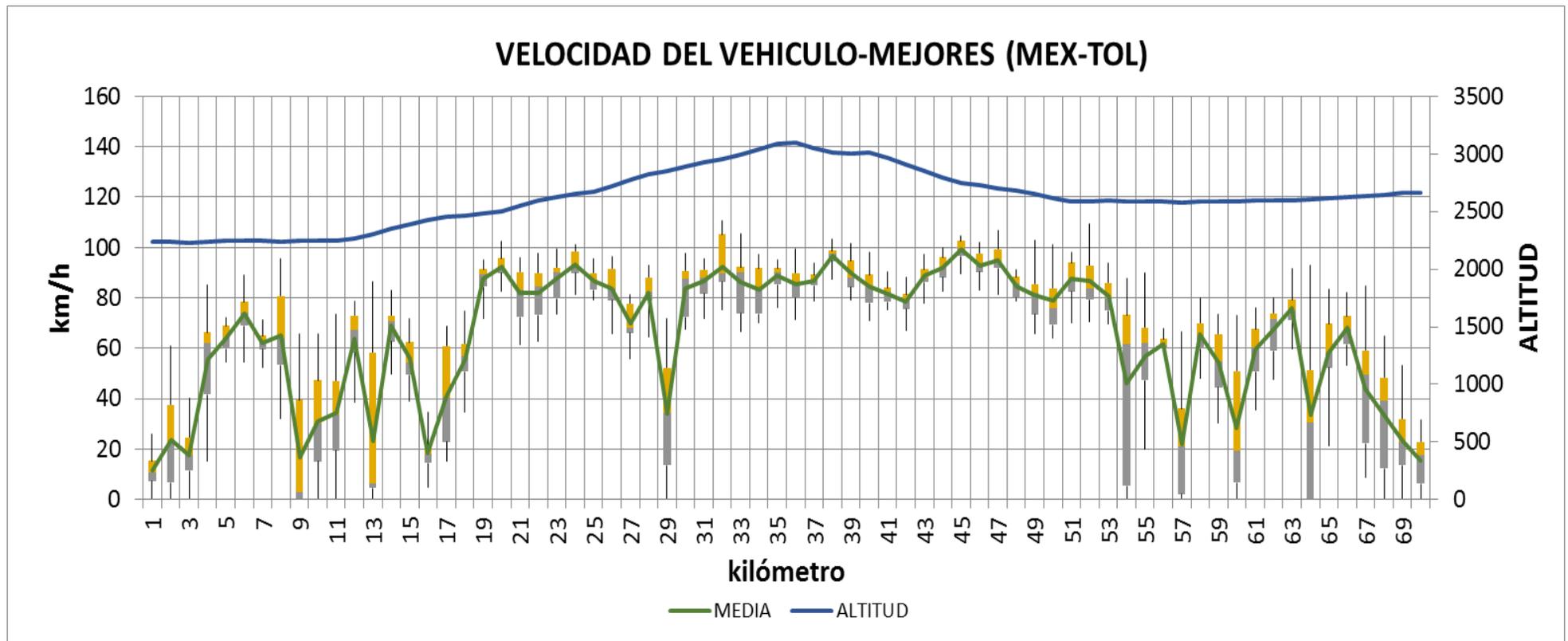


Figura 30. Velocidad del vehículo del recorrido MEX-TOL (mejores). Fuente: El autor.



### 3.6. Resultados

Para definir un estilo de conducción eficiente se tomó en cuenta solo los mejores buses. Los valores comprendidos entre el cuartil uno y el cuartil tres de los datos de cada tramo se establecieron como los límites de los intervalos de la velocidad del motor y la velocidad del vehículo que reducen el consumo de combustible. Mientras que para la carga de aceleración no se encontró ningún patrón, se puede identificar que en la parte de pendiente positiva varias veces se llegó a una carga de aceleración del 100% mientras que en bajada generalmente la carga era de 0%

De esta manera el conductor del bus deberá mantener estas dos variables dentro de los límites establecidos para cada kilómetro del recorrido, implementando así un estilo de conducción eficiente definido por el análisis de las mejores prácticas de conducción de los conductores de la empresa “Flecha Roja S.A.”

A continuación en la Figura 31 y la Figura 32 se puede apreciar los límites de velocidad de motor y velocidad del vehículo respectivamente establecidos para cada kilómetro y acompañados de una línea azul que indica la altitud del recorrido MEX-TOL. La tabla con valores de los intervalos para cada kilómetro de la velocidad del motor y velocidad del vehículo se encuentran en el ANEXO 3 y ANEXO 4 respectivamente.



### VELOCIDAD DEL MOTOR-MEJORES (MEX-TOL)

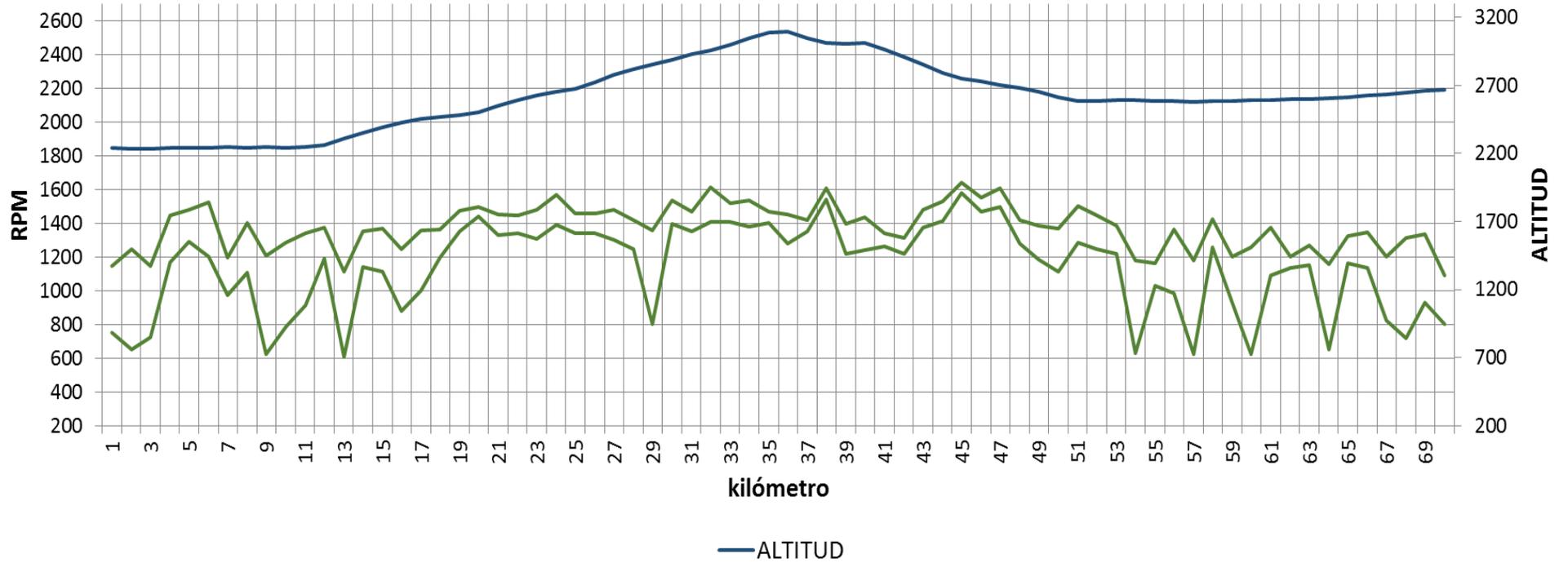


Figura 31. Límites de velocidad del motor para cada kilómetro para el recorrido MEX-TOL. Fuente El autor

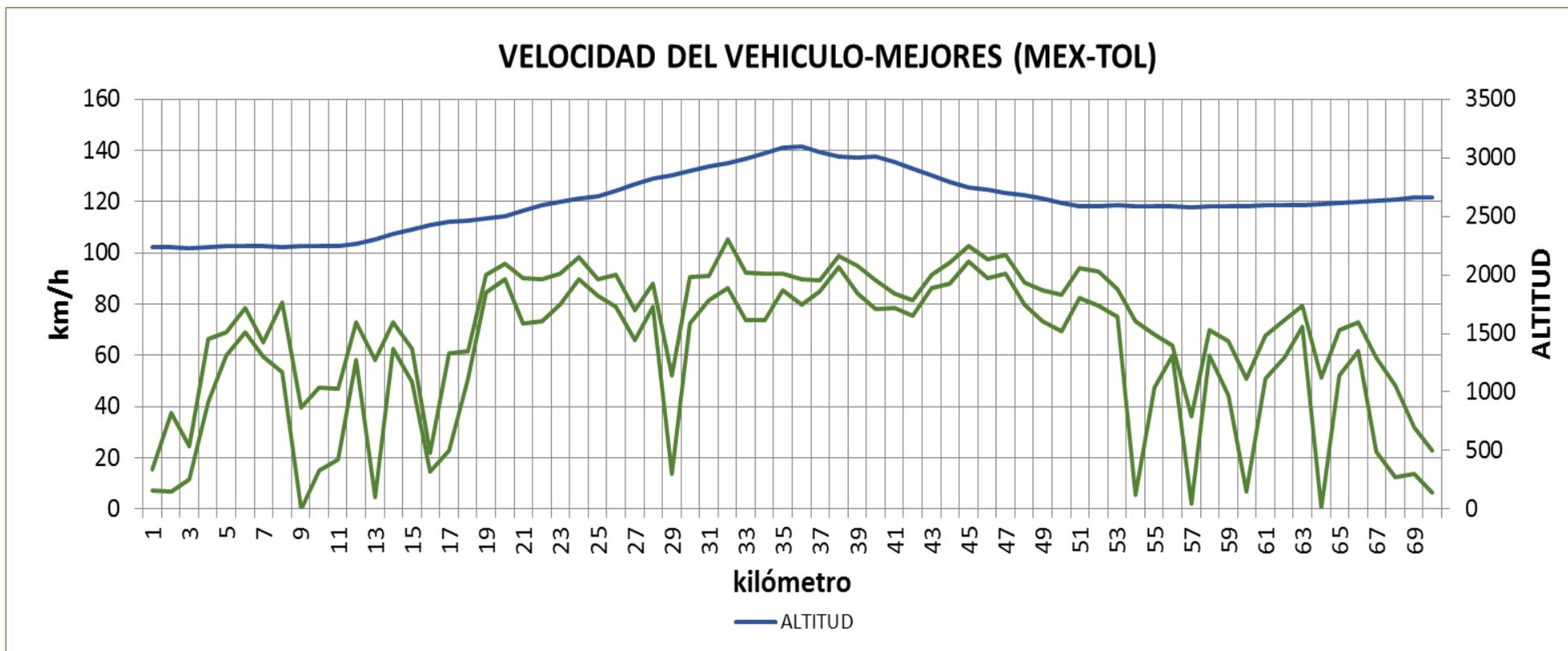


Figura 32. Límites de velocidad del vehículo para cada kilómetro para el recorrido MEX-TOL. Fuente El autor

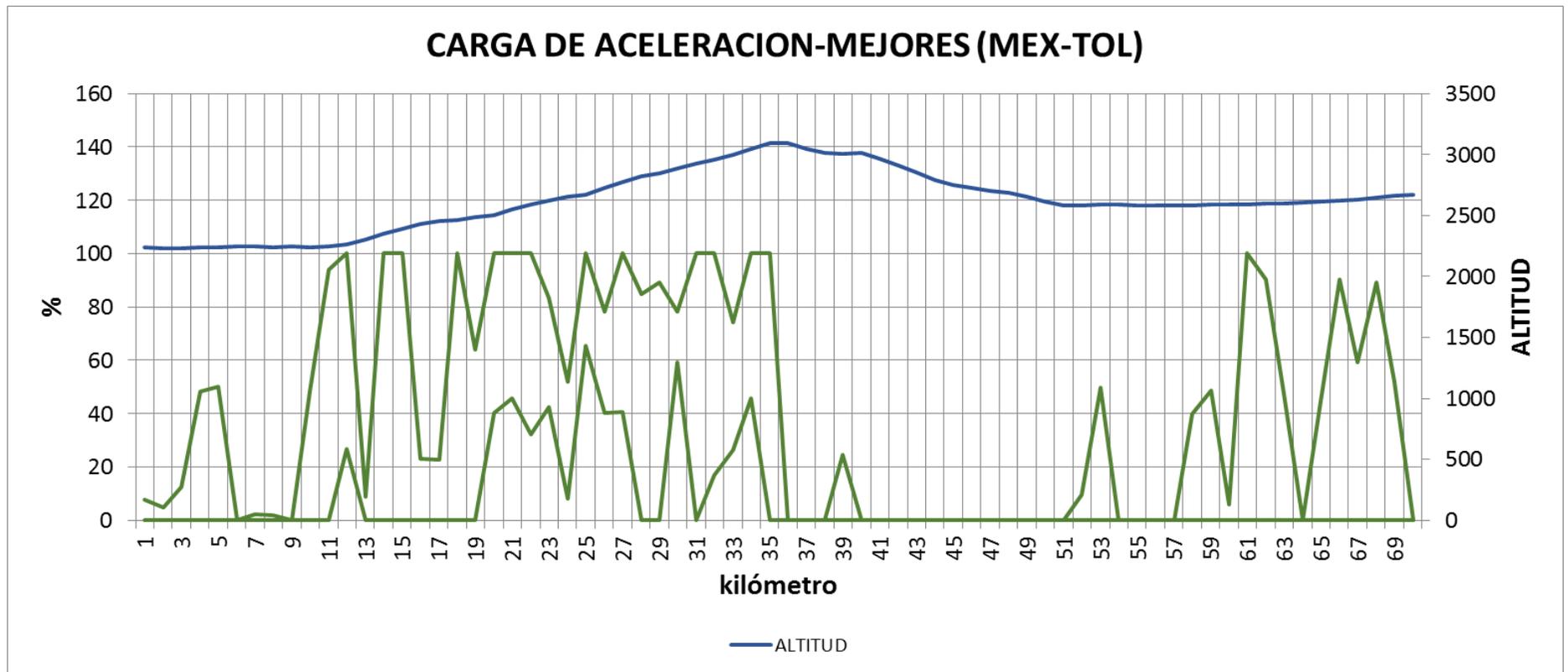


Figura 33. Límites de la carga al acelerador para cada kilómetro para el recorrido MEX-TOL: Fuente: EL autor.



## CONCLUSIONES

Después de realizar el análisis de los estilos de conducción de diferentes conductores de la empresa de transporte “Flecha Roja S.A.” en la ruta MEX-TOL puedo concluir lo siguiente:

- ✓ En el pre procesamiento de datos se identificó que los datos de cinco buses no son aptos para el análisis estadístico debido a que el posicionamiento de los mismos mediante el GPS integrado en las unidades no registró datos en gran parte del recorrido. Los buses no considerados en el análisis de datos son el 144, 115, 160 168, 189.
- ✓ Para realizar el análisis de la ruta México-Toluca se dividió en tramos definidos como: Sección 1 Plano Ciudad de México, Sección 2 subida, Sección 3 bajada y Sección 4 Plano Ciudad de Toluca.
- ✓ Se identificó a los tres mejores y los tres peores buses de cada kilómetro de acuerdo a su consumo específico de combustible y con técnicas estadísticas se identificó tramos donde el comportamiento de algunas variables analizadas describían ciertos patrones, como RPM altas en pendientes positivas y RPM muy bajas en pendiente negativas. Además tanto en velocidad del vehículo como velocidad del motor (RPM) en las partes planas el trayecto, los valores fueron muy variables debido a que estas secciones eran en las ciudades.
- ✓ Las pruebas de hipótesis establecidas para el estudio dieron como resultado que si hay una diferencia significativa entre mejores y peores para la velocidad del vehículo tanto en medias como en varianzas. Mientras que para la velocidad del motor hay una diferencia significativa en las secciones 1,2 y 3 para la media y en las secciones 1,2 y 4 para la varianza.
- ✓ Las pruebas de hipótesis para comparar las secciones planas con las secciones inclinadas, dieron como resultado una diferencia bastante significativa para la velocidad del motor y la del vehículo; mientras que al comparar entre secciones planas no hubo diferencia significativa para ninguna variable.



- ✓ En el caso de la carga de aceleración se puede concluir que no hay ningún patrón claro, pero se puede decir que en bajada la carga sobre el acelerador es 0%, lo que quiere decir que el conductor no pisa el acelerador y por lo tanto el consumo de combustible es nulo. En pendiente positiva es cerca del 100% y en la parte urbana la carga del acelerador es variable, inferior al 50% en la parte plana de México y muy variable en la parte plana de la ciudad de Toluca con valores que va desde 0% y a 100% en algunos kilómetros.
- ✓ En la Figura 7 se aprecia que en la sección 1 y sección 4 se puede reducir el consumo de combustible, pues existe una diferencia muy grande entre los promedios de SFC de los mejores y peores, así pues por ejemplo, en el kilómetro 8 y 63 se podría reducir un 0,31 l/km (66%) y 0,45 l/km (62%) respectivamente, ver ANEXO 1. En la sección 2, donde la pendiente es positiva, existe un mayor consumo de combustible y en kilómetros donde la pendiente es muy pronunciada, el consumo de combustible se incrementa, como en el kilómetro 14 donde el consumo de combustible es de 0,45 l/km (44%).
- ✓ Para establecer una técnica de conducción eficiente, se establecieron como límites a los valores de los cuartiles 1 y 3 de los datos de cada kilómetro, tanto para la velocidad del motor como para la velocidad de vehículo. para los mejores buses. El conductor deberá mantener estas variables dentro de los límites correspondientes en cada kilómetro para reducir el consumo de combustible en esta ruta.
- ✓ Dado que la carga de aceleración no presentaba ningún patrón y es una variable muy difícil de controlar y cuantificar en la práctica, no es necesario establecer límites de operación, pero si se recomienda que en la sección 3, bajada, la carga de aceleración sea del 0% y se aplique la técnica de rodaje por inercia con la marcha engranada.



## RECOMENDACIONES

- ✓ Analizar la razón de la detención del GPS en los buses que no fueron considerados para el análisis.
- ✓ Realizar el mismo estudio considerando iguales condiciones de tráfico, hora, clima, equipaje y numero de pasajero para los datos sean más precisos. Además, como se menciona en el capítulo 2, es preferible que todos los conductores tengan el mismo grado de conocimiento acerca de las técnicas de conducción eficiente, o en su defecto todos los conductores debería desconocer este hecho para que no sea una variable de estudio.
- ✓ Mantener un registro de las anomalías o incidentes que se presenten en el recorrido, para poder entender de mejor manera los datos acerca del comportamiento que presentan los buses.
- ✓ Realizar pruebas de campo incorporando los resultados obtenidos (ANEXO 3 y ANEXO 4) en “sistemas a bordo”, como los adaptadores inteligentes de velocidad mencionados en el punto 2.3.3, en donde indiquen al conductor, de acuerdo a la posición, los límites de la velocidad del motor y la velocidad del vehículo al cual debe mantener el vehículo para reducir el consumo de combustible.
- ✓ Tomar en cuenta todos los datos, a excepción de los datos atípicos, para realizar el análisis, pues al considerar solo los datos comprendidos entre el cuartil 1 y cuartil 3, no se toma en cuenta datos de poca ocurrencia pero importantes para el adecuado funcionamiento del motor; como en el caso de las RPM altas que es en donde se encuentra la zona eficiente del motor.
- ✓ Realizar un estudio similar en la ciudad de Cuenca considerando que el cambio de la matriz productiva en el Ecuador motivará al uso de vehículos híbridos y eléctricos debido al posible disminución o retiro al subsidio de combustibles fósiles, y que la aplicación de técnicas para una conducción eficiente será una alternativa para economizar los costos incurridos en el consumo de combustible.
- ✓ Tomando en cuenta que la ciudad de Cuenca está entre 2350m y 2550m sobre el nivel del mar y que por ende la concentración de oxígeno es



menor, y también considerando que existe una mayor concentración de gases contaminantes y un mayor consumo de combustible en ciudades de altura que en ciudades a nivel del mar, este estudio es ideal para replicar en este tipo de ciudades con el fin de reducir el consumo de combustible y disminuir la emisión de contaminantes (Bravo Campoverde, Jarro Guallpa, & Quizhpe Mora, 2009).



## BIBLIOGRAFÍA

Andrieu, C., & Pierre, G. S. (2012). Comparing Effects of Eco-driving Training and Simple Advices on Driving Behavior. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 211–220.

<http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.740>

Atabani, A. E., Badruddin, I. A., Mekhilef, S., & Silitonga, A. S. (2011). A review on global fuel economy standards, labels and technologies in the transportation sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4586–4610. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.092>

Bravo Campoverde, V. E., Jarro Guallpa, P. A., & Quizhpe Mora, W. S. (2009, November). *Influencia de la altitud geográfica en la variación de las emisiones contaminantes en la ciudad de Cuenca* (Thesis). Retrieved from <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/97>

De Gestión, G. M. C. (n.d.). JUAN CARLOS VERGARA SCHMALBACH VÍCTOR MANUEL QUESADA IBARGUEN ISBN: 978-84-690-5503-8.

Douglas C. Montgomery. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos* (segunda edición). Mexico: LIMUSA S.A. DE C.V.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2005). Manual de conducción eficiente para conductores de vehículos industriales. Retrieved from [http://www.uned.es/experto-profesional-conduccion-racional/manual\\_conduccion\\_industriales.pdf](http://www.uned.es/experto-profesional-conduccion-racional/manual_conduccion_industriales.pdf)

Mensing, F., Bideaux, E., Trigui, R., Ribet, J., & Jeanneret, B. (2014). Eco-driving: An economic or ecologic driving style? *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 38, 110–121. <http://doi.org/10.1016/j.trc.2013.10.013>

William Vidal Geisel, Sociedad Consultora, & Sistemas Sustentables Limitada. (2013). *Guía de Conducción Eficiente: Vehículos de Carga*.



Young, M. S., Birrell, S. A., & Stanton, N. A. (2011). Safe driving in a green world: A review of driver performance benchmarks and technologies to support “smart” driving. *Applied Ergonomics*, 42(4), 533–539. <http://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.08.012>



# ANEXOS

**ANEXO 1.- CONSUMO PROMEDIO DE COMBUSTIBLE**

KILOMETRO	CONSUMO PROMEDIO		REDUCCION (SFC)	REDUCCION (%)
	MEJORES (SFC)	PEORES (SFC)		
1	0,386526232	0,627677615	0,24	38%
2	0,310683839	0,47088006	0,16	34%
3	0,378145621	0,626248131	0,25	40%
4	0,345540712	0,527738874	0,18	35%
5	0,276849682	0,468842655	0,19	41%
6	0,150927928	0,428872659	0,28	65%
7	0,14261156	0,415168431	0,27	66%
8	0,159457006	0,472005498	0,31	66%
9	0,509276432	0,750895235	0,24	32%
10	0,33394682	0,568101682	0,23	41%
11	0,443443742	0,627224375	0,18	29%
12	0,622224005	0,903111881	0,28	31%
13	0,569109068	0,904528795	0,34	37%
14	0,476540759	0,931416959	0,45	49%
15	0,545884658	0,854726852	0,31	36%
16	0,423834841	0,643105112	0,22	34%
17	0,297612808	0,481178574	0,18	38%
18	0,41768914	0,600671415	0,18	30%
19	0,233018904	0,497728621	0,26	53%
20	0,572603313	0,661731312	0,09	13%
21	0,599186538	0,759806666	0,16	21%
22	0,609916997	0,755461281	0,15	19%
23	0,501286285	0,698514176	0,20	28%
24	0,305159839	0,403626575	0,10	24%
25	0,602985527	0,690624502	0,09	13%
26	0,66940907	0,799807451	0,13	16%
27	0,699729467	0,816687615	0,12	14%
28	0,494292566	0,625092768	0,13	21%
29	0,616114978	0,812766658	0,20	24%
30	0,675572998	0,816052487	0,14	17%
31	0,507835221	0,698755363	0,19	27%
32	0,513744618	0,618610668	0,10	17%
33	0,566072478	0,735785745	0,17	23%
34	0,643029638	0,760154293	0,12	15%
35	0,537561333	0,785243401	0,25	32%
36	0,005308655	0,093844724	0,09	94%
37	0	0,02335862	0,02	100%

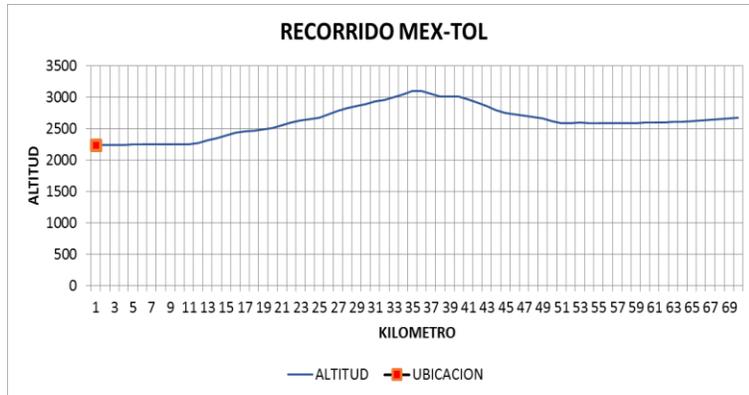


38	0,00152088	0,123197665	0,12	99%
39	0,144848614	0,309484944	0,16	53%
40	0,127484198	0,290235752	0,16	56%
41	0	0,021410099	0,02	100%
42	0	0,019319438	0,02	100%
43	0	0,002179524	0,00	100%
44	0	0,006794888	0,01	100%
45	0	0,089604722	0,09	100%
46	0	0,143975305	0,14	100%
47	0	0,066964474	0,07	100%
48	0	0,113657875	0,11	100%
49	0	0,082226361	0,08	100%
50	0	0,060481758	0,06	100%
51	0,086217049	0,266915236	0,18	68%
52	0,161043836	0,391099151	0,23	59%
53	0,202765072	0,316274489	0,11	36%
54	0,06334237	0,215808404	0,15	71%
55	0,110325781	0,429476783	0,32	74%
56	0,086204296	0,439679224	0,35	80%
57	0,32503515	0,531962816	0,21	39%
58	0,257782341	0,409855231	0,15	37%
59	0,155451192	0,396777295	0,24	61%
60	0,346148233	0,568038542	0,22	39%
61	0,33126841	0,522965696	0,19	37%
62	0,203928972	0,362692196	0,16	44%
63	0,20418955	0,532458192	0,33	62%
64	0,248945235	0,429354336	0,18	42%
65	0,355008343	0,591966049	0,24	40%
66	0,266882419	0,477748816	0,21	44%
67	0,27156375	0,516301481	0,24	47%
68	0,37737088	0,558560281	0,18	32%
69	0,461680118	0,652326327	0,19	29%
70	0,29707383	0,492038039	0,19	40%

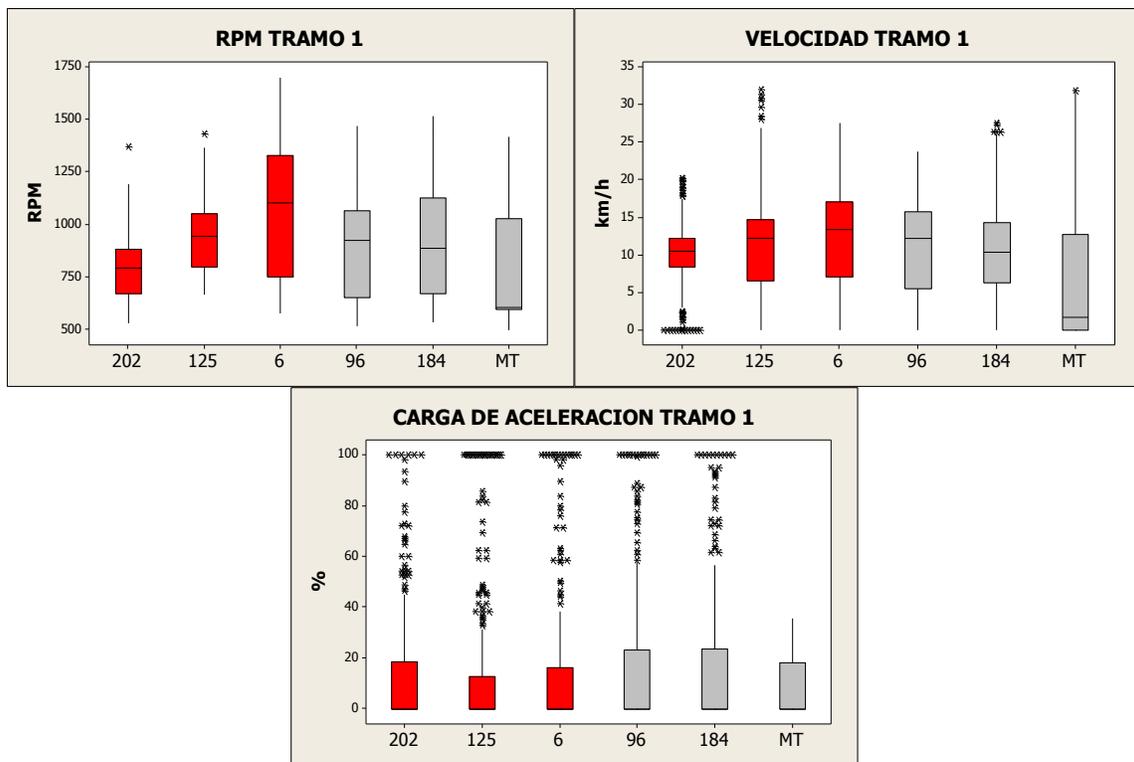


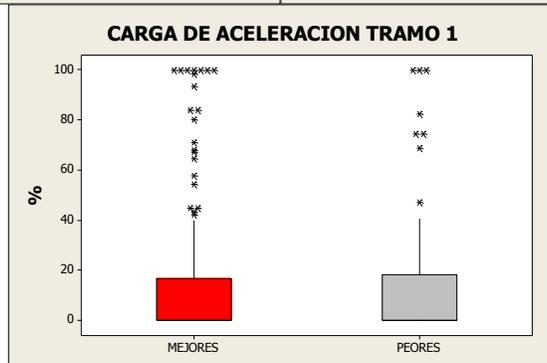
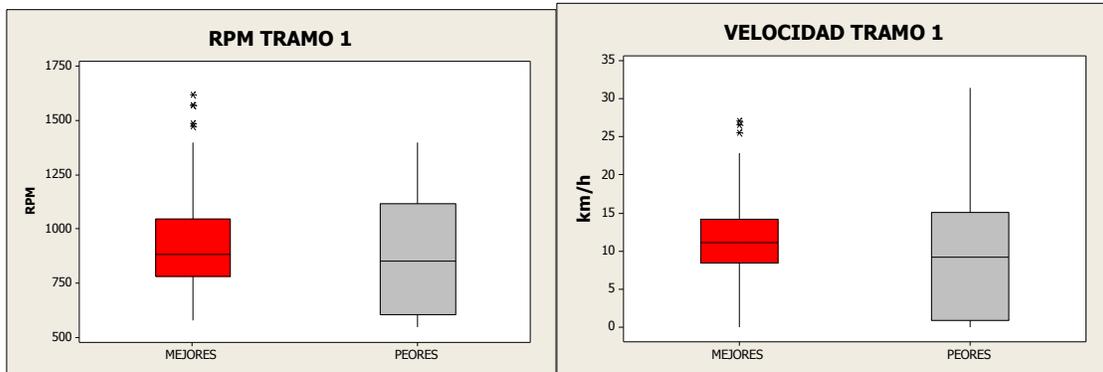
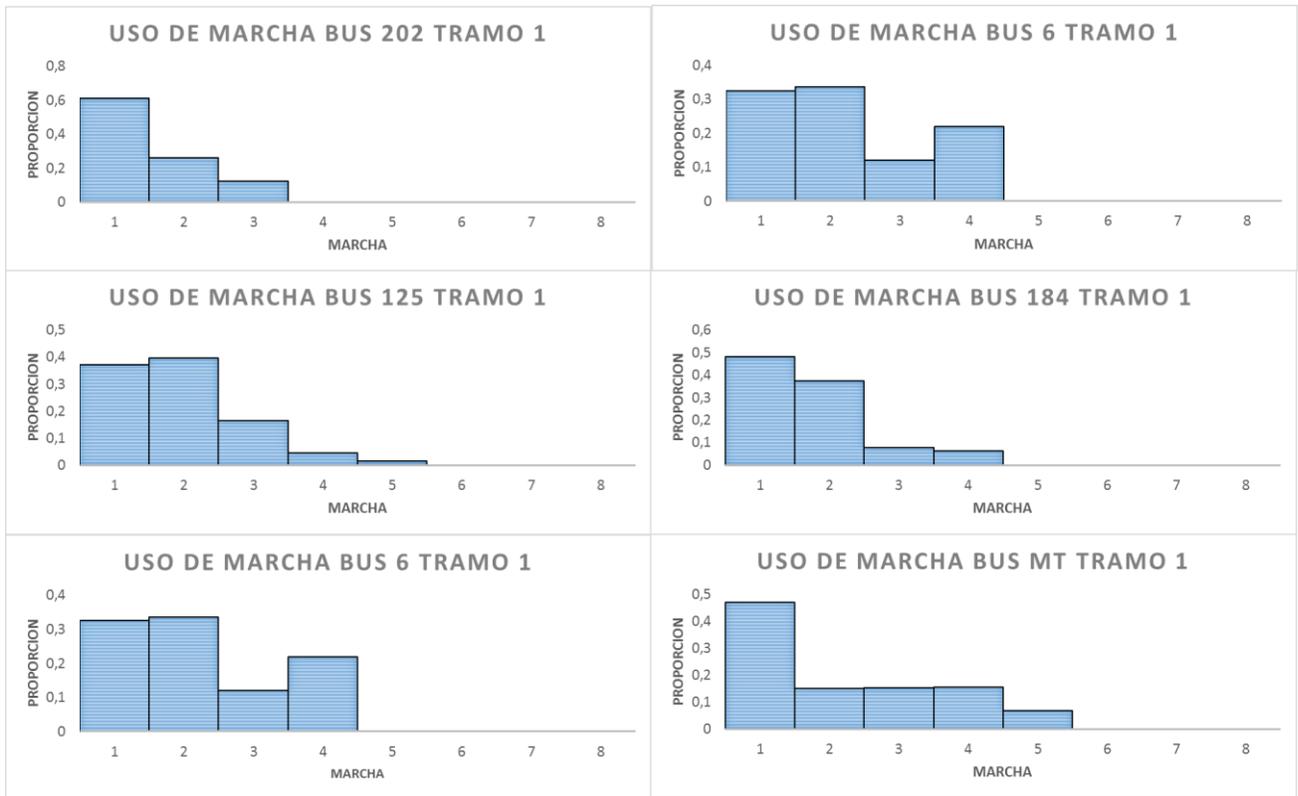
## ANEXO 2. ANÁLISIS DE CADA KILÓMETRO DEL RECORRIDO TOL-MEX.

### TRAMO 1



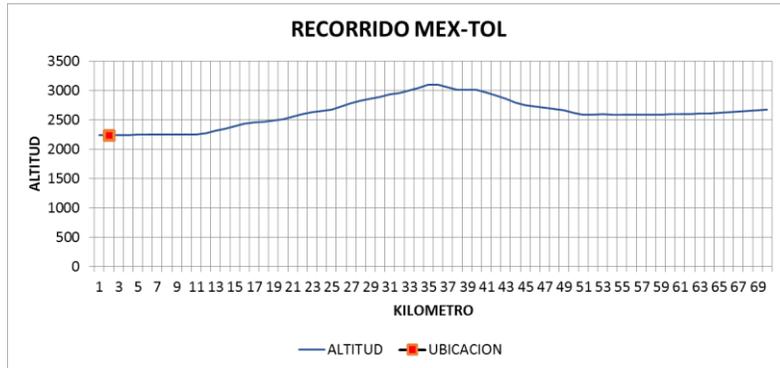
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	202	125	6	96	184	MT
<b>SFC</b>	0,37	0,39	0,4	0,51	0,65	0,73



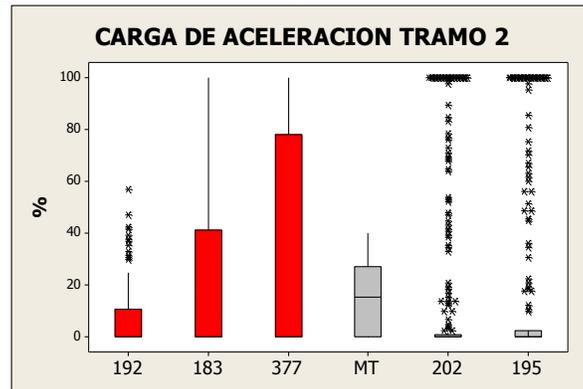
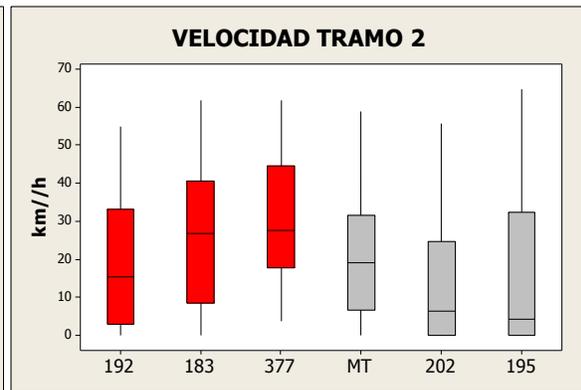
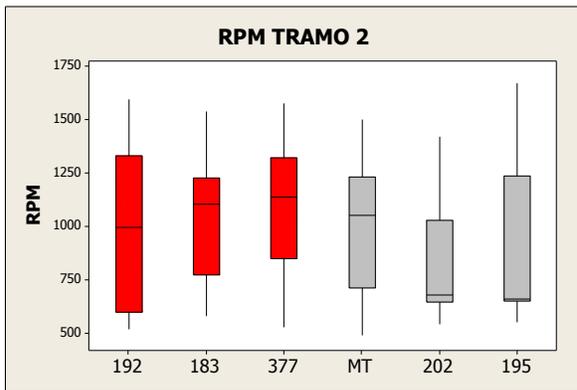


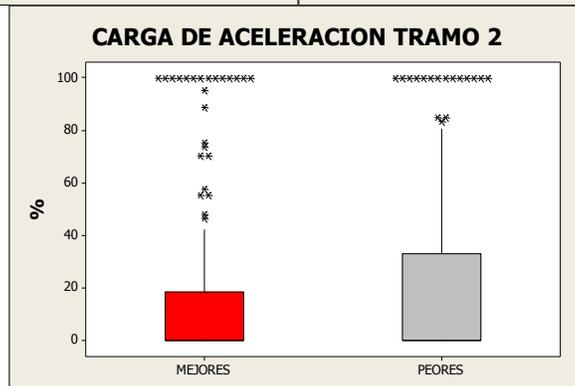
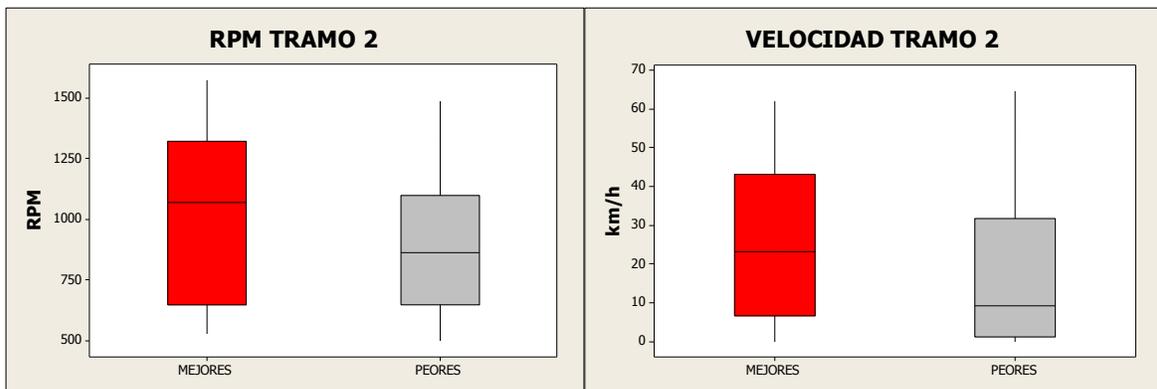
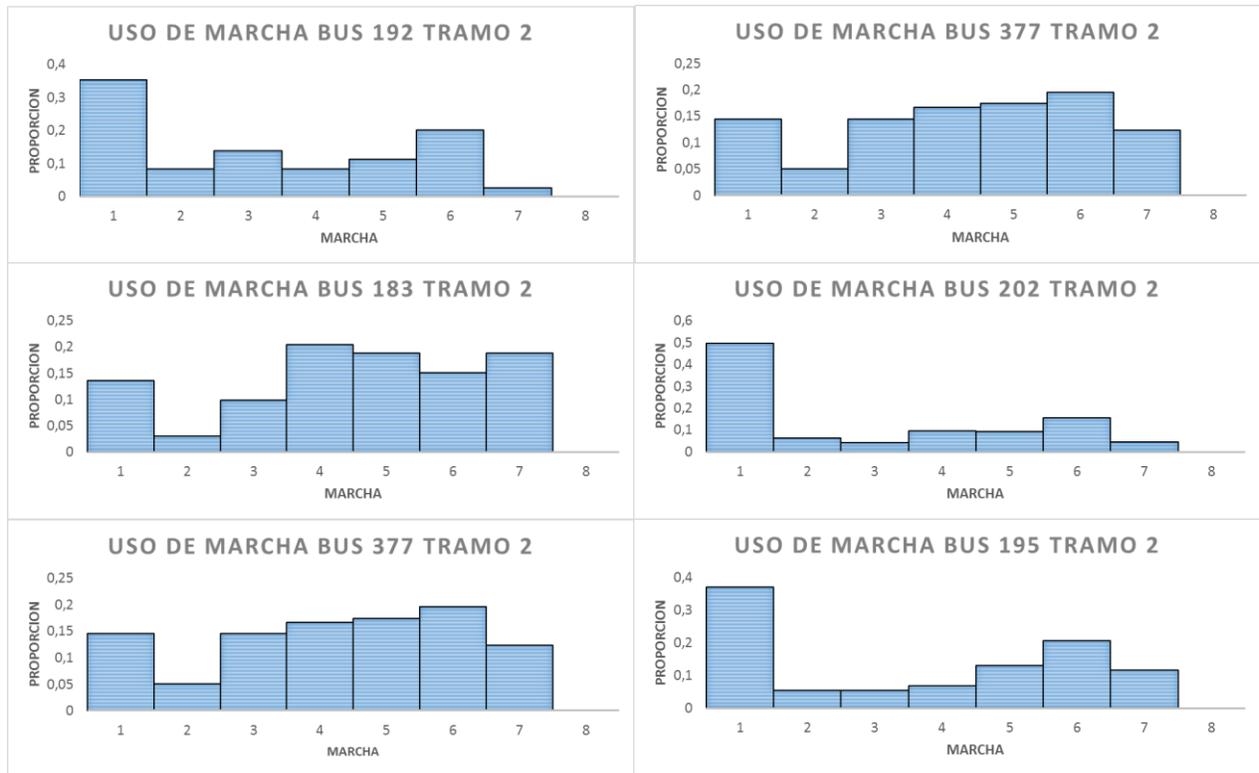


TRAMO 2



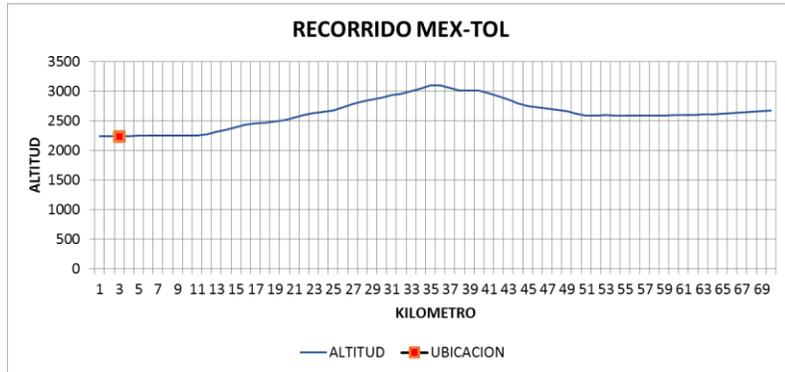
	MEJORES			PEORES		
Bus	192	183	377	MT	202	195
SFC	0,3	0,3	0,32	0,42	0,42	0,57



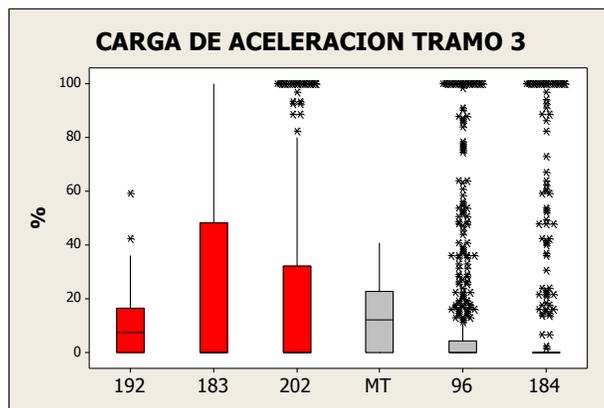
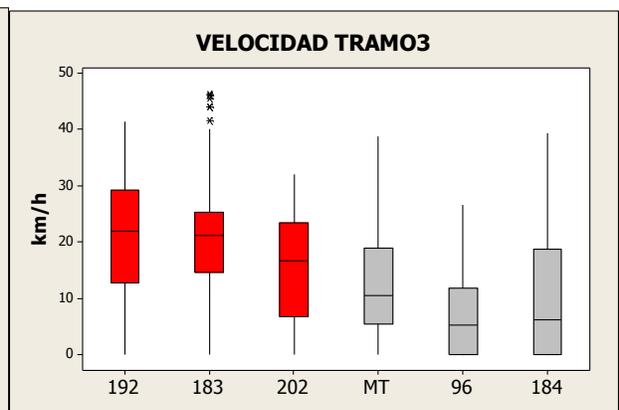
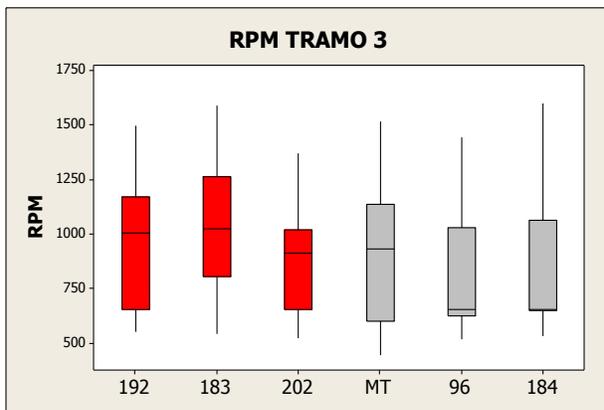


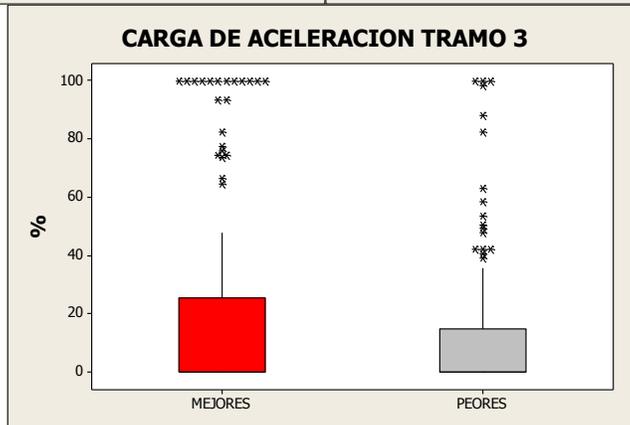
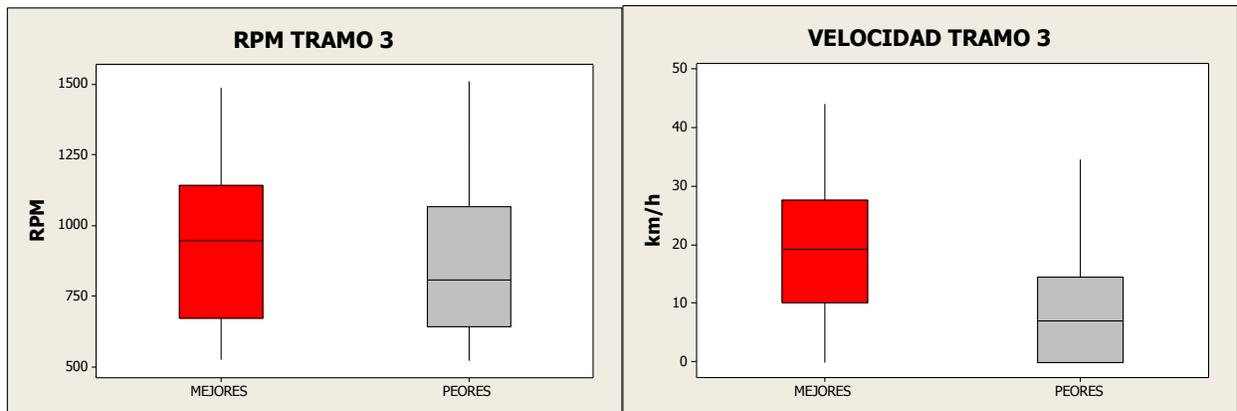
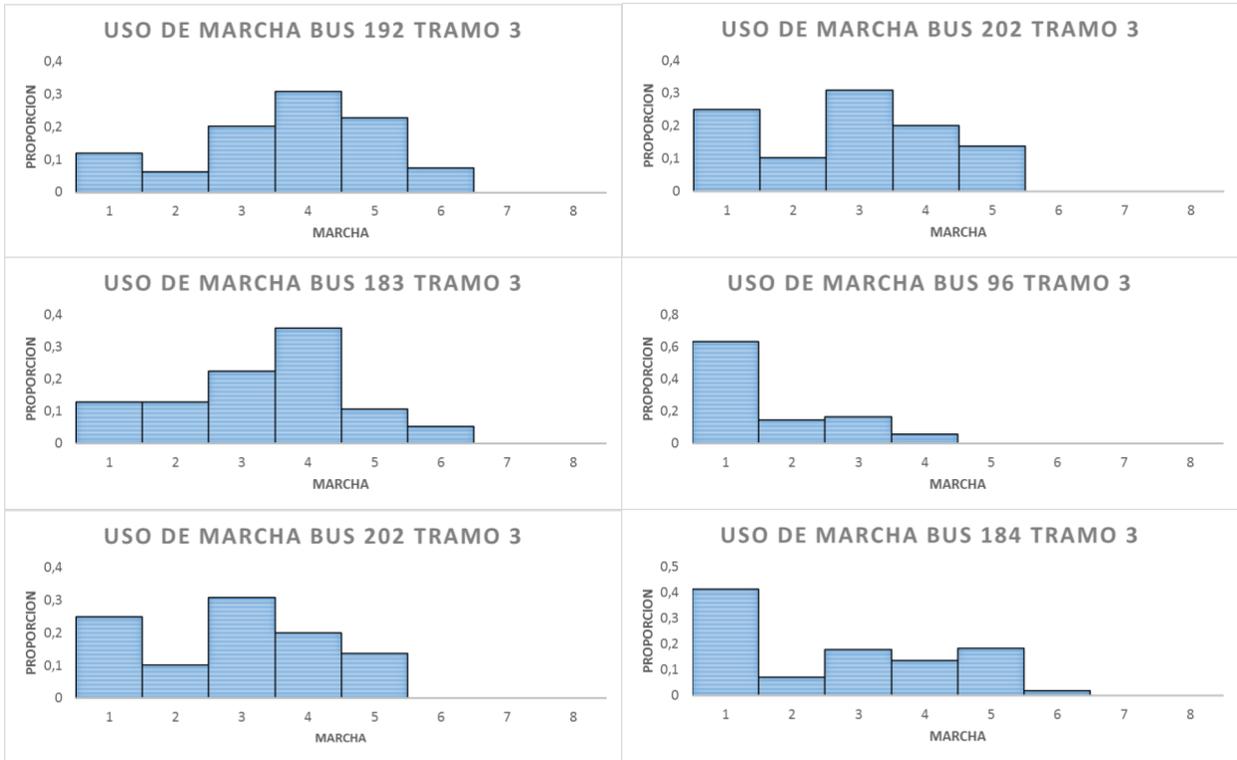


TRAMO 3



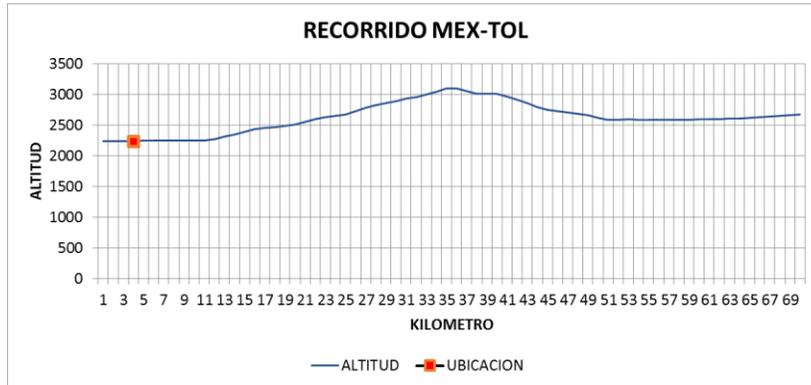
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	192	183	202	MT	96	184
<b>SFC</b>	0,34	0,38	0,41	0,58	0,64	0,66



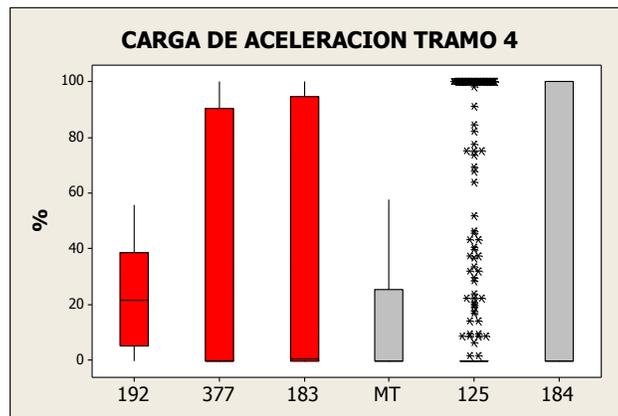
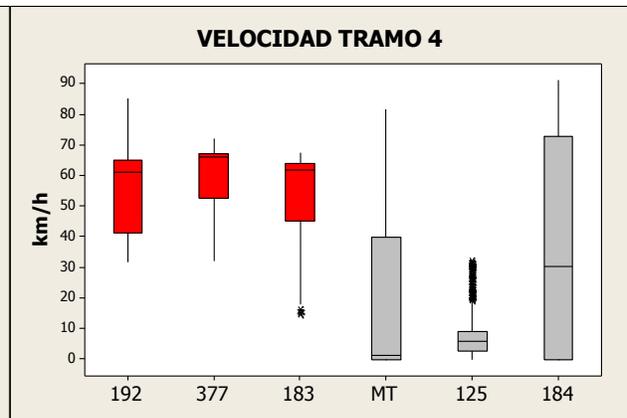
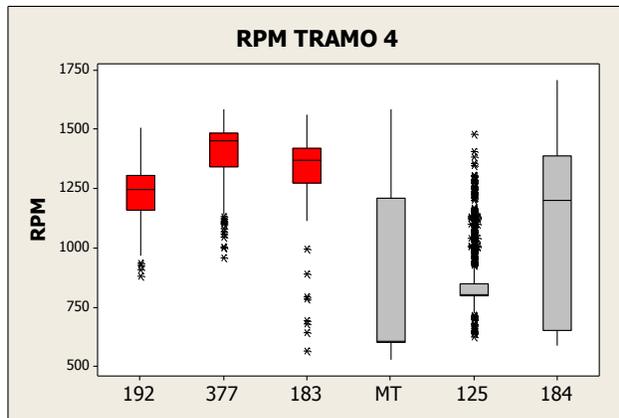


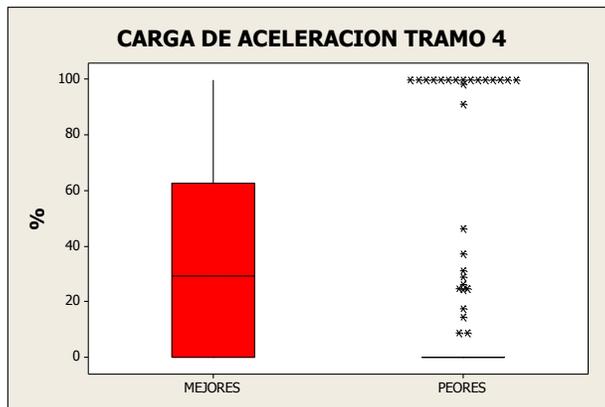
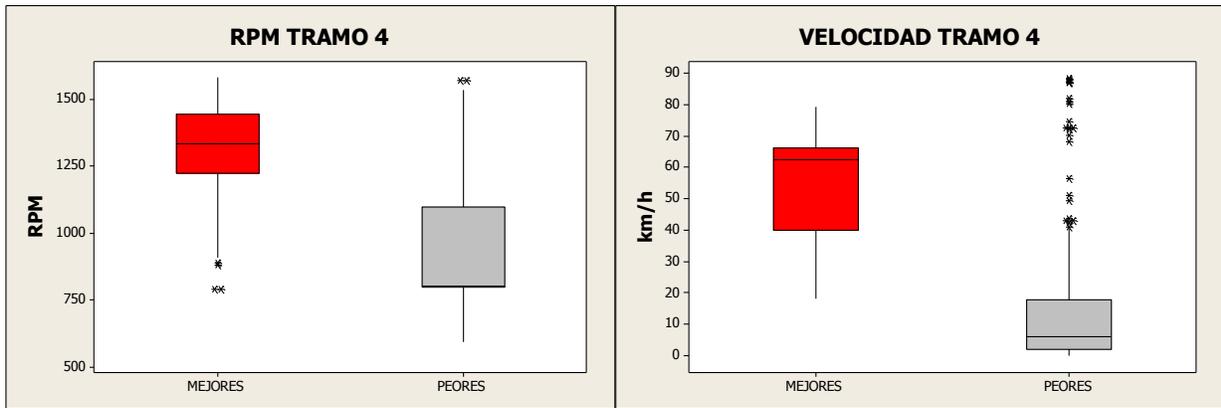
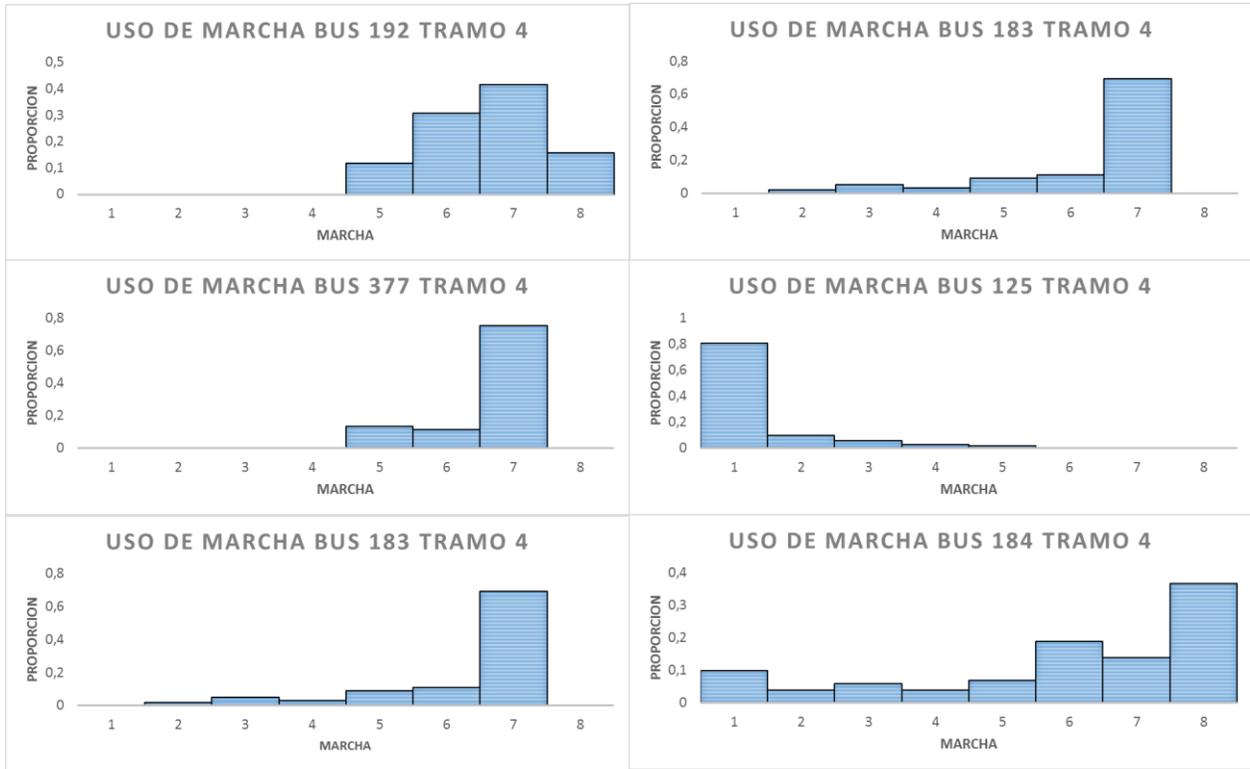


TRAMO 4



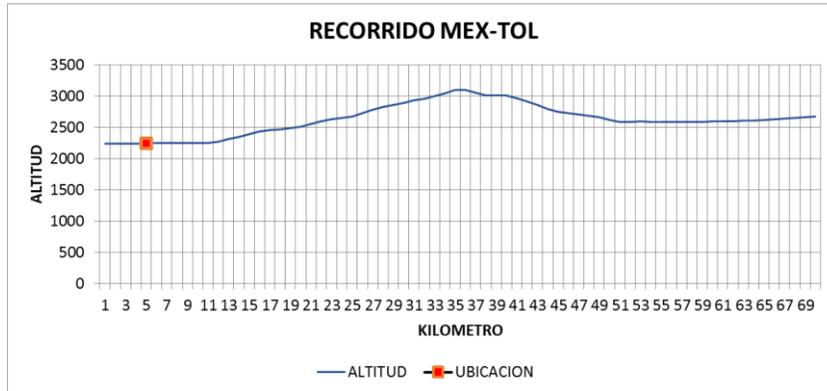
	MEJORES			PEORES		
Bus	192	377	183	MT	125	184
SFC	0,32	0,35	0,36	0,5	0,52	0,56



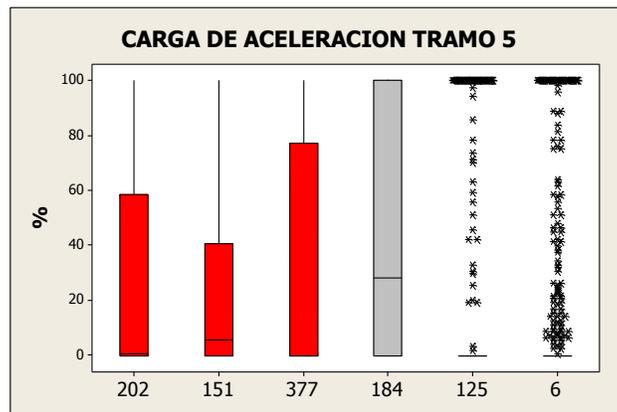
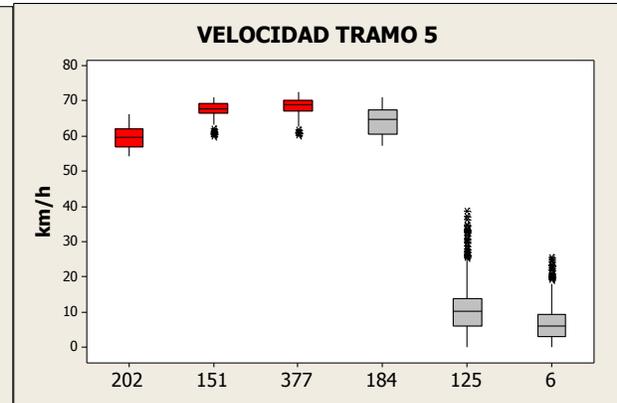
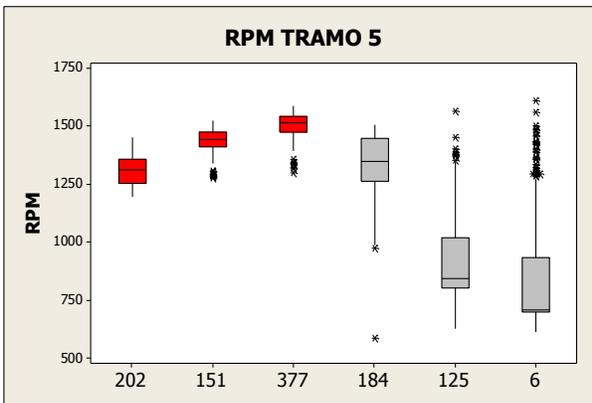


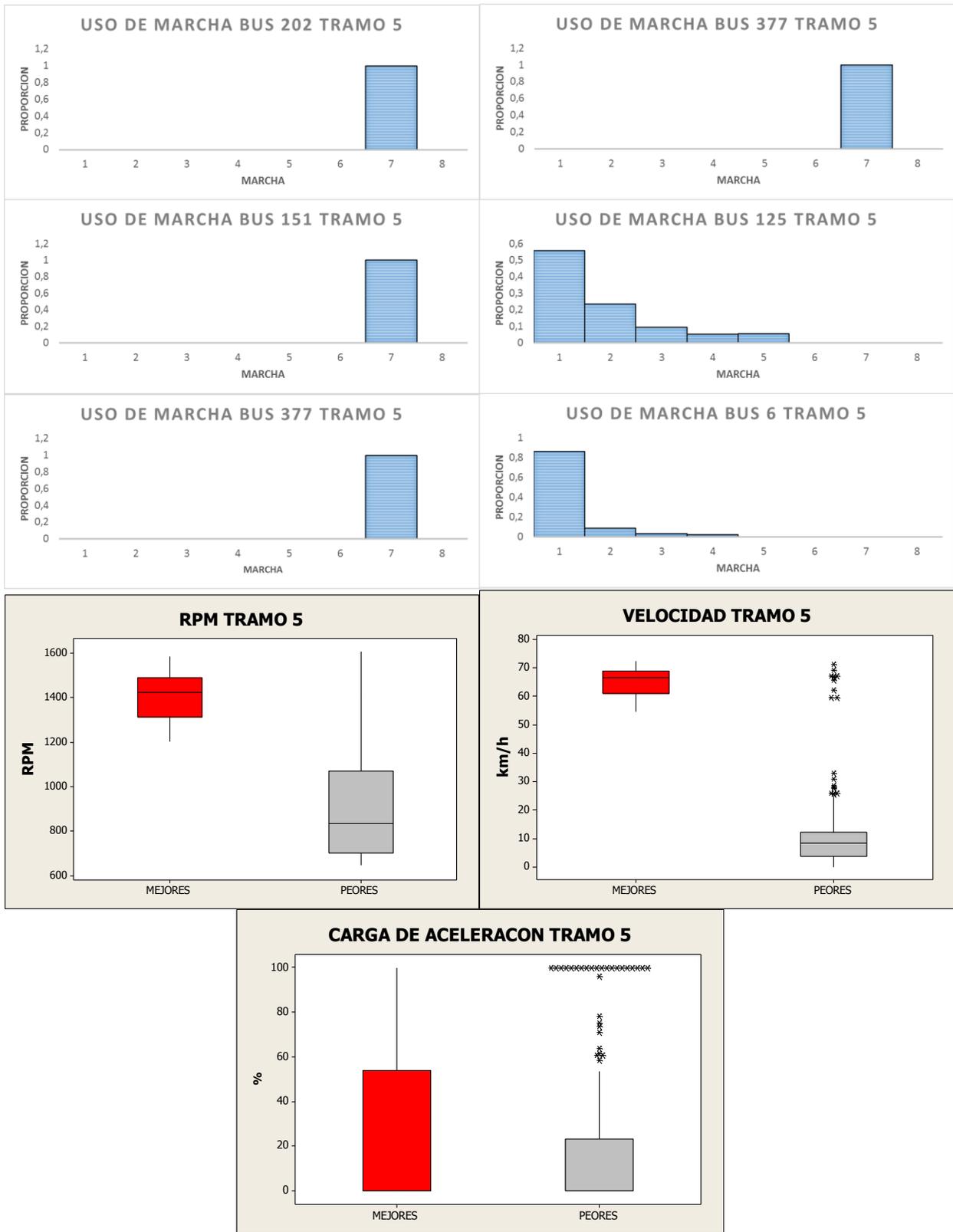


TRAMO 5



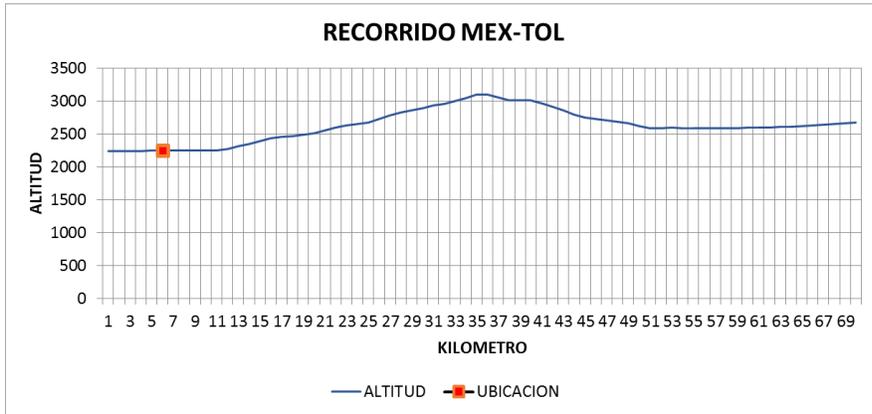
	MEJORES			PEORES		
Bus	202	151	377	184	125	6
SFC	0,27	0,28	0,28	0,33	0,5	0,57



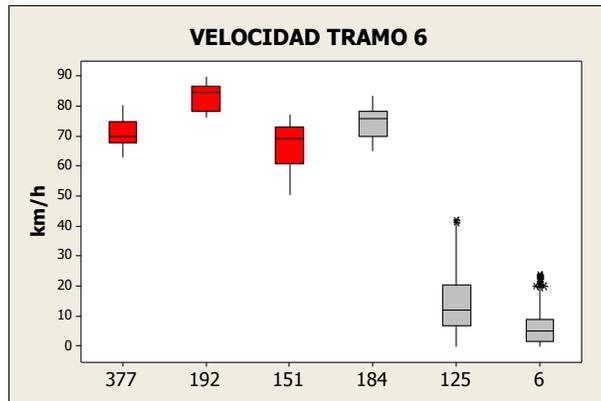
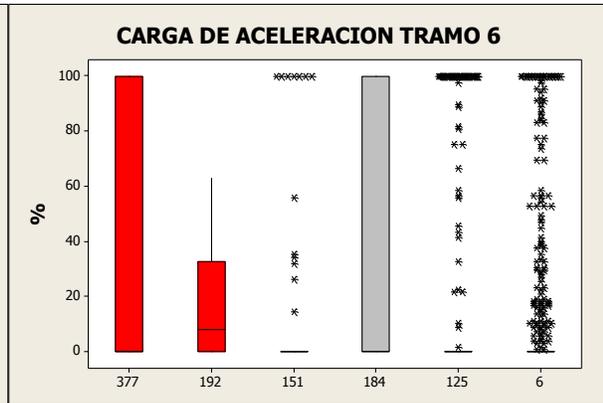
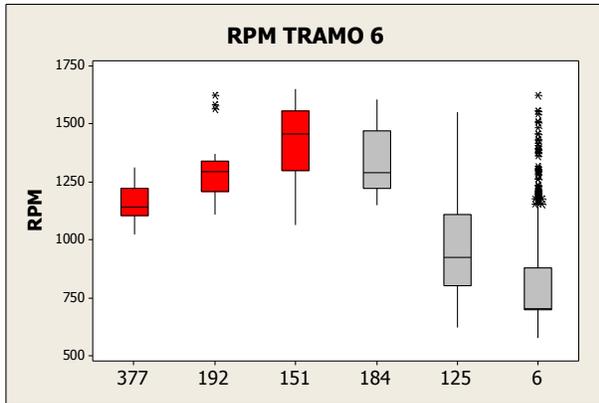


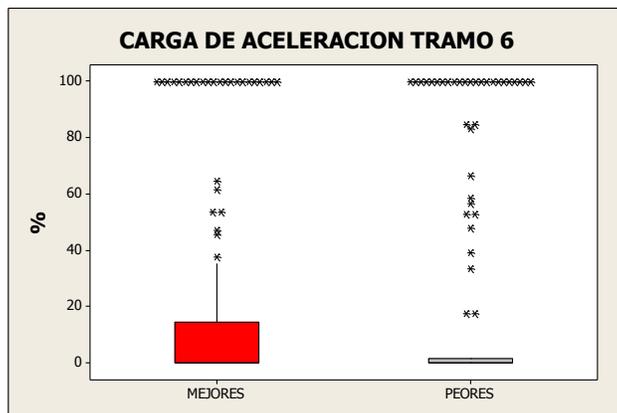
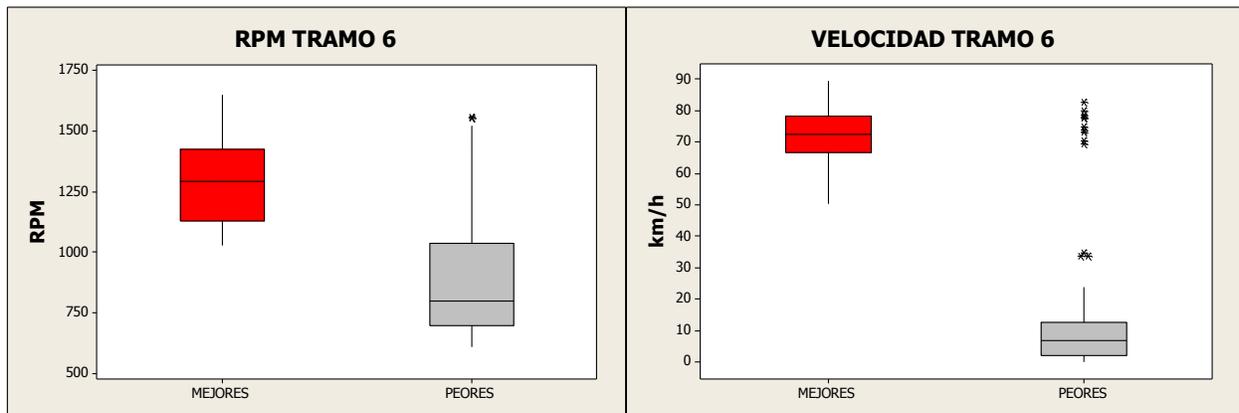
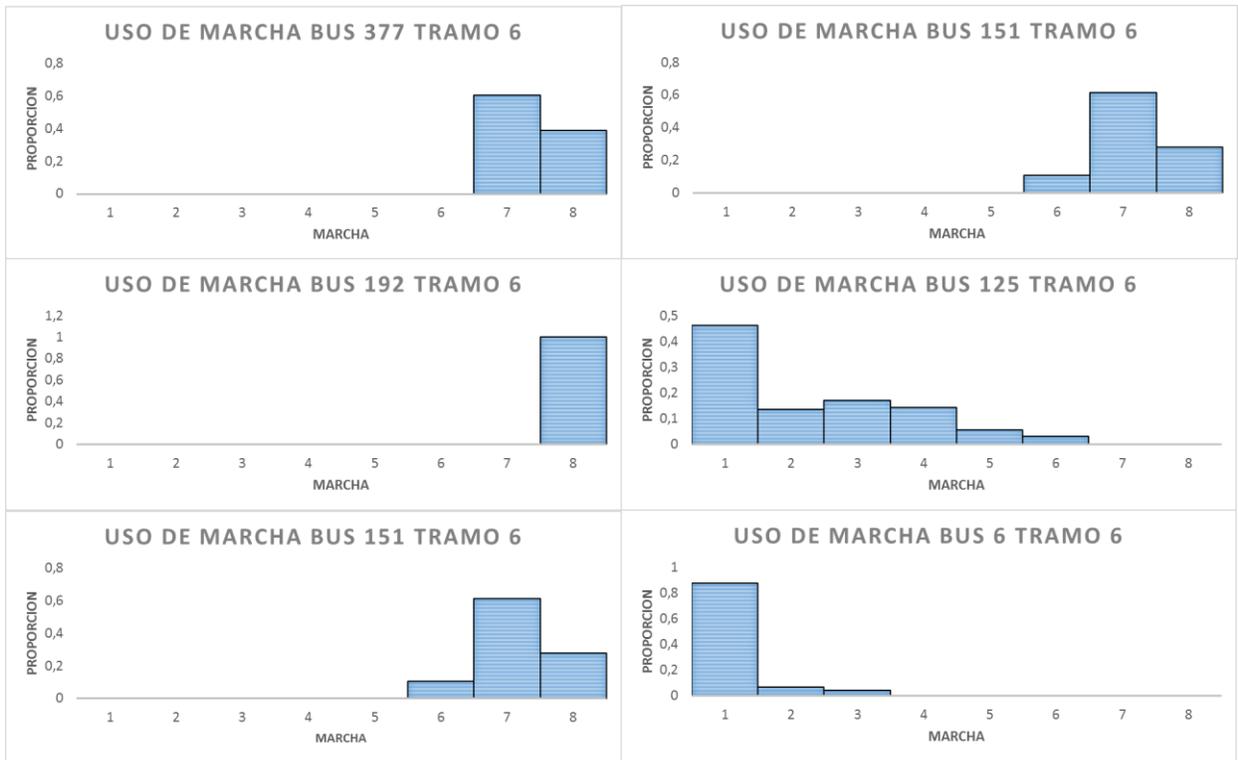


TRAMO 6



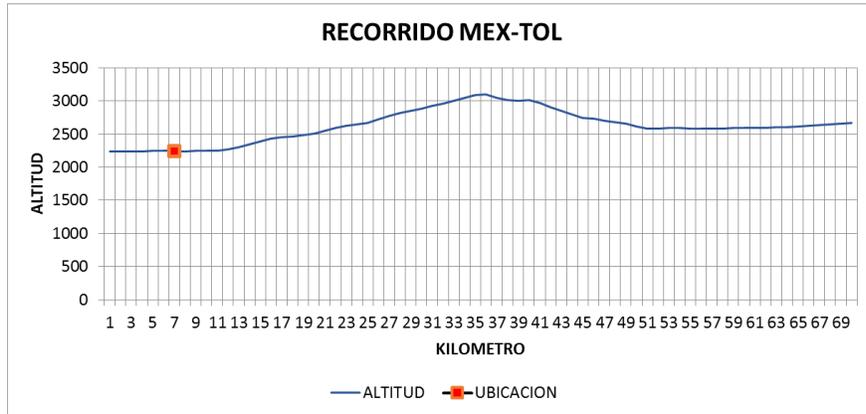
	MEJORES			PEORES		
Bus	377	192	151	184	125	6
SFC	0,14	0,15	0,17	0,31	0,39	0,59



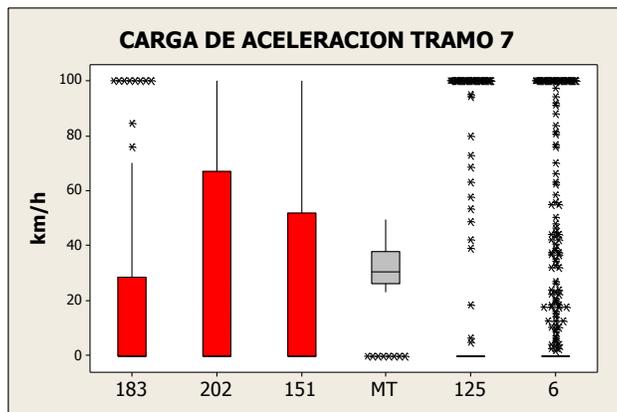
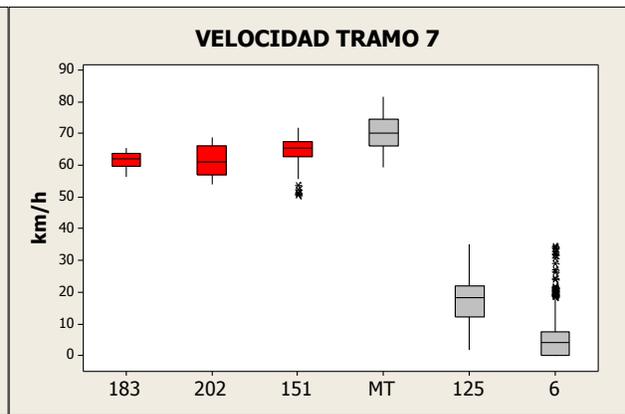
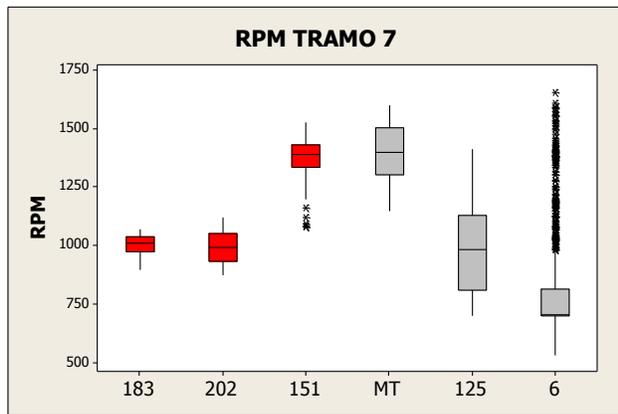


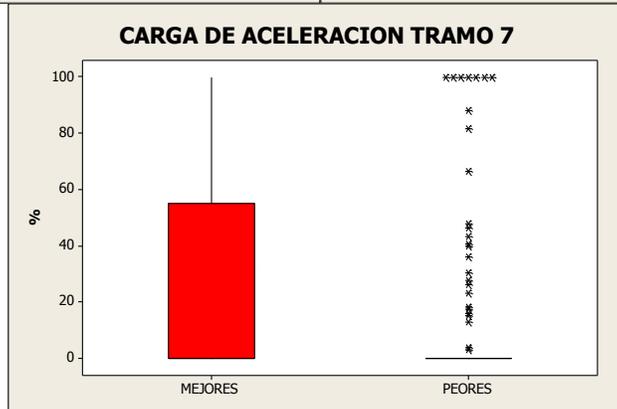
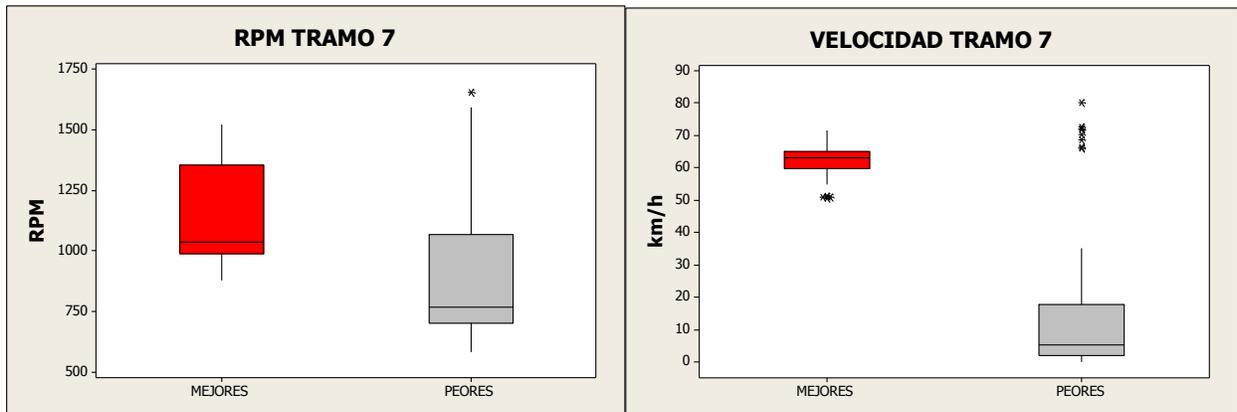
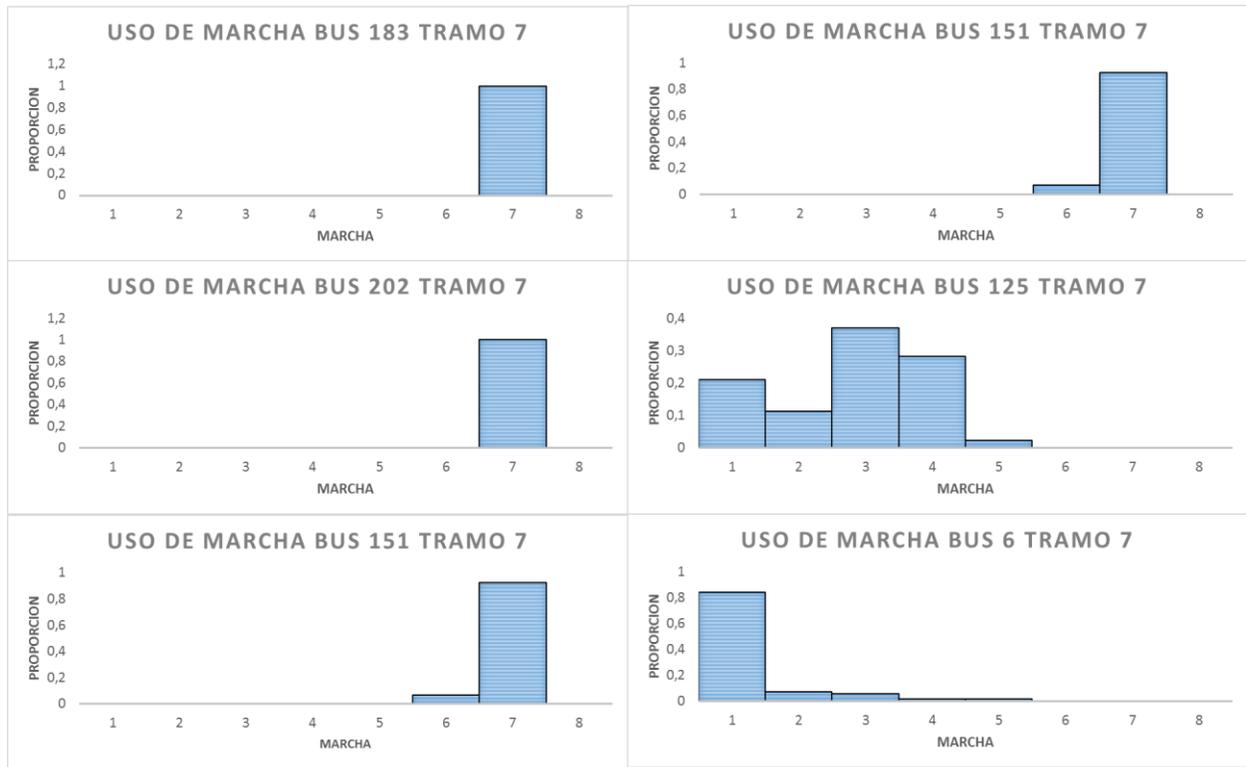


TRAMO 7



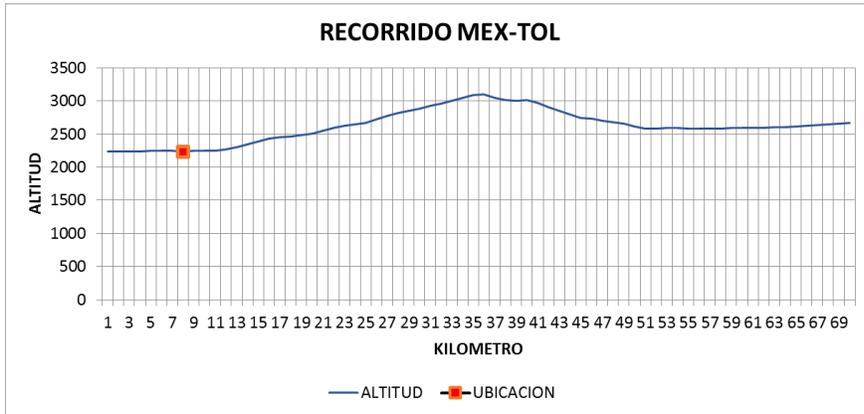
	MEJORES			PEORES		
Bus	183	202	151	MT	125	6
SFC	0,11	0,14	0,18	0,25	0,36	0,64



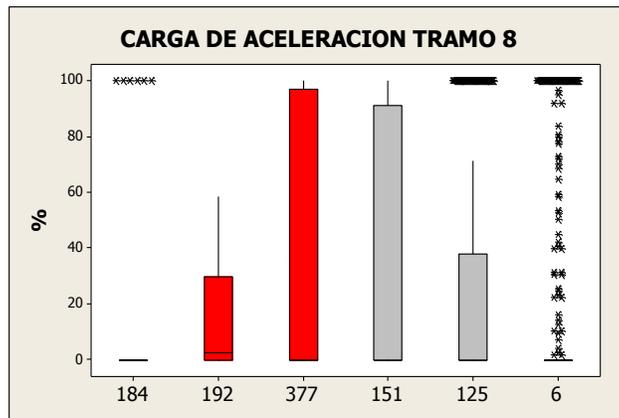
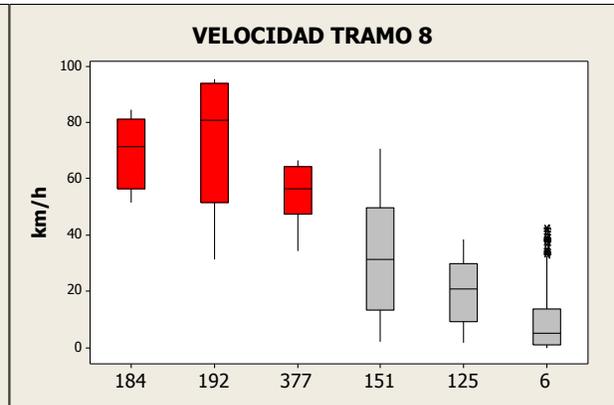
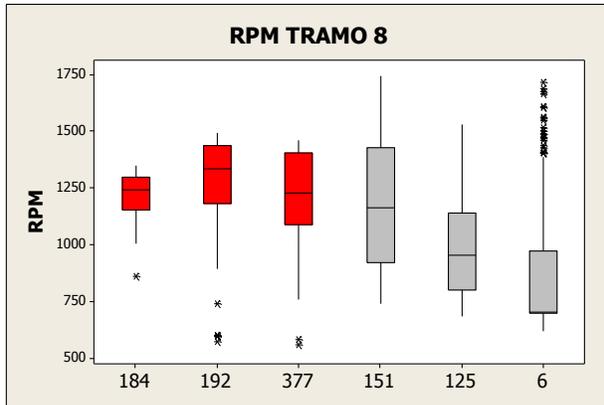


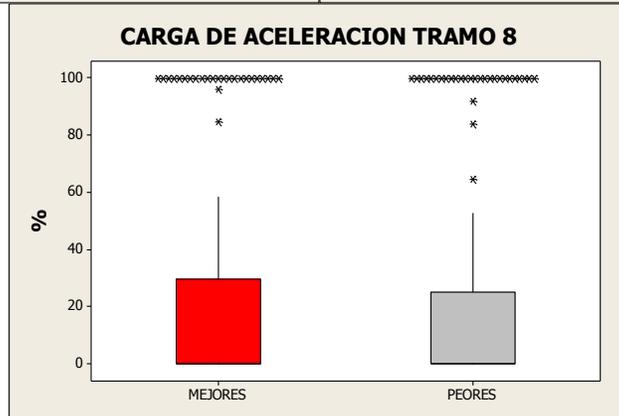
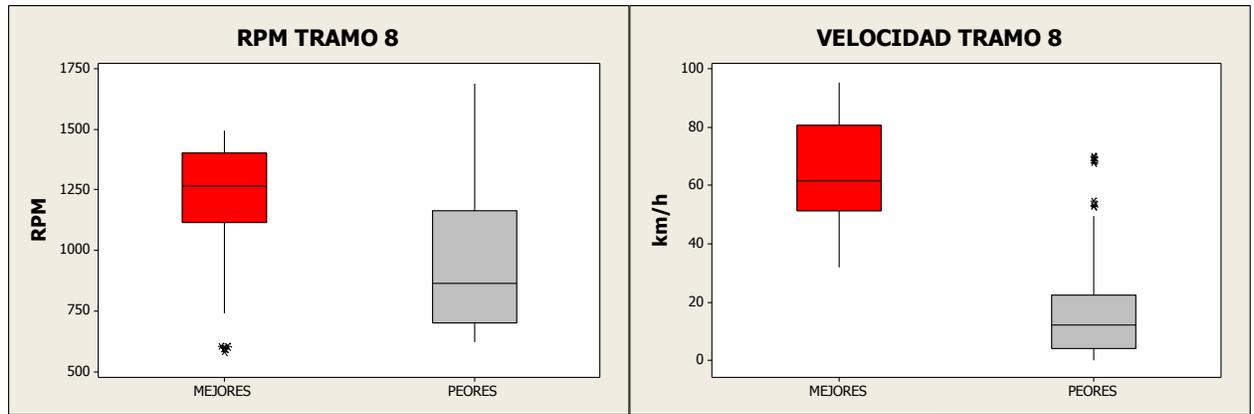
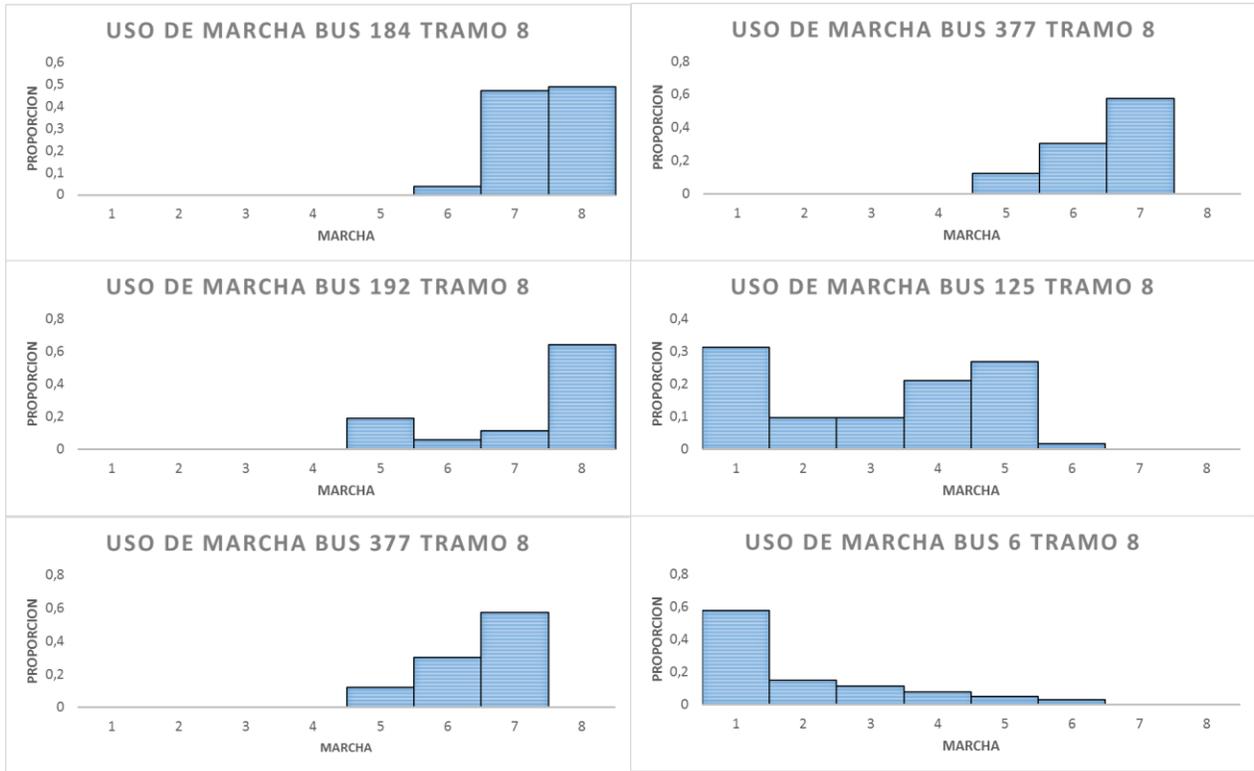


TRAMO 8



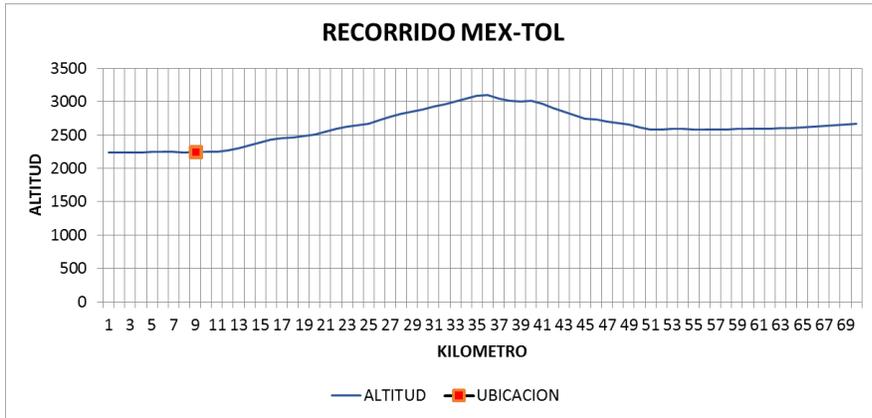
	MEJORES			PEORES		
Bus	184	192	377	151	125	6
SFC	0,07	0,17	0,23	0,36	0,44	0,62



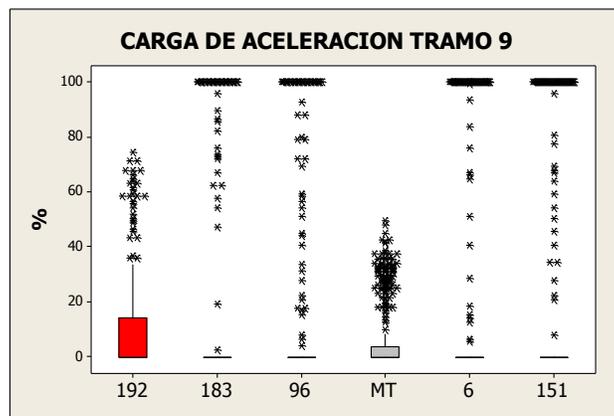
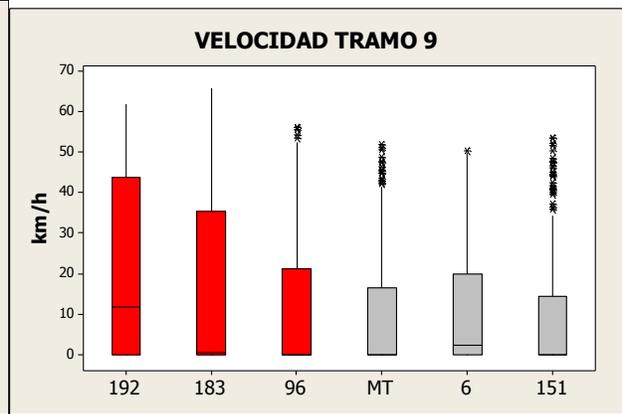
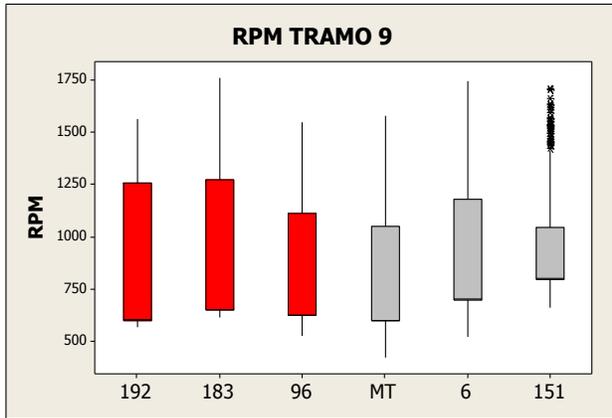


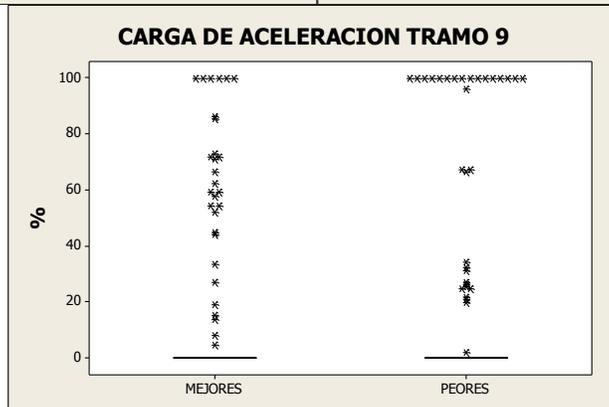
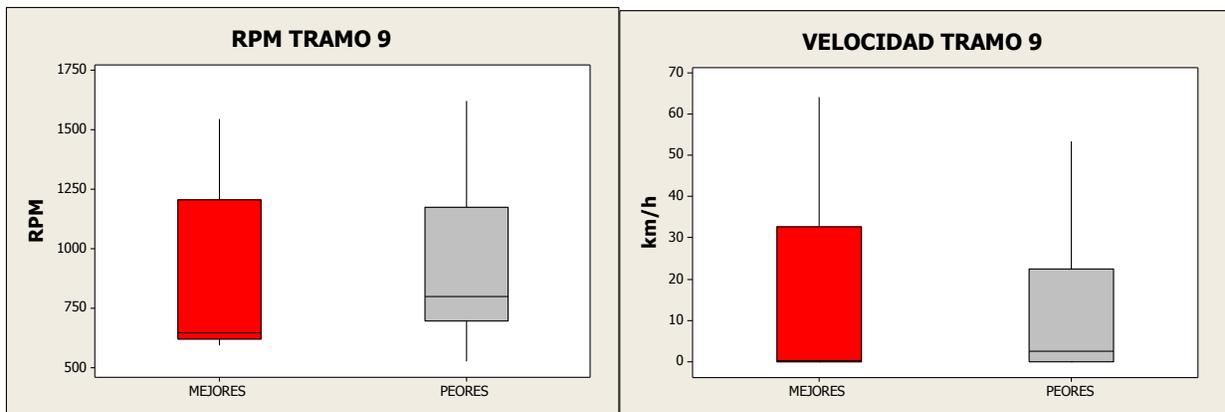
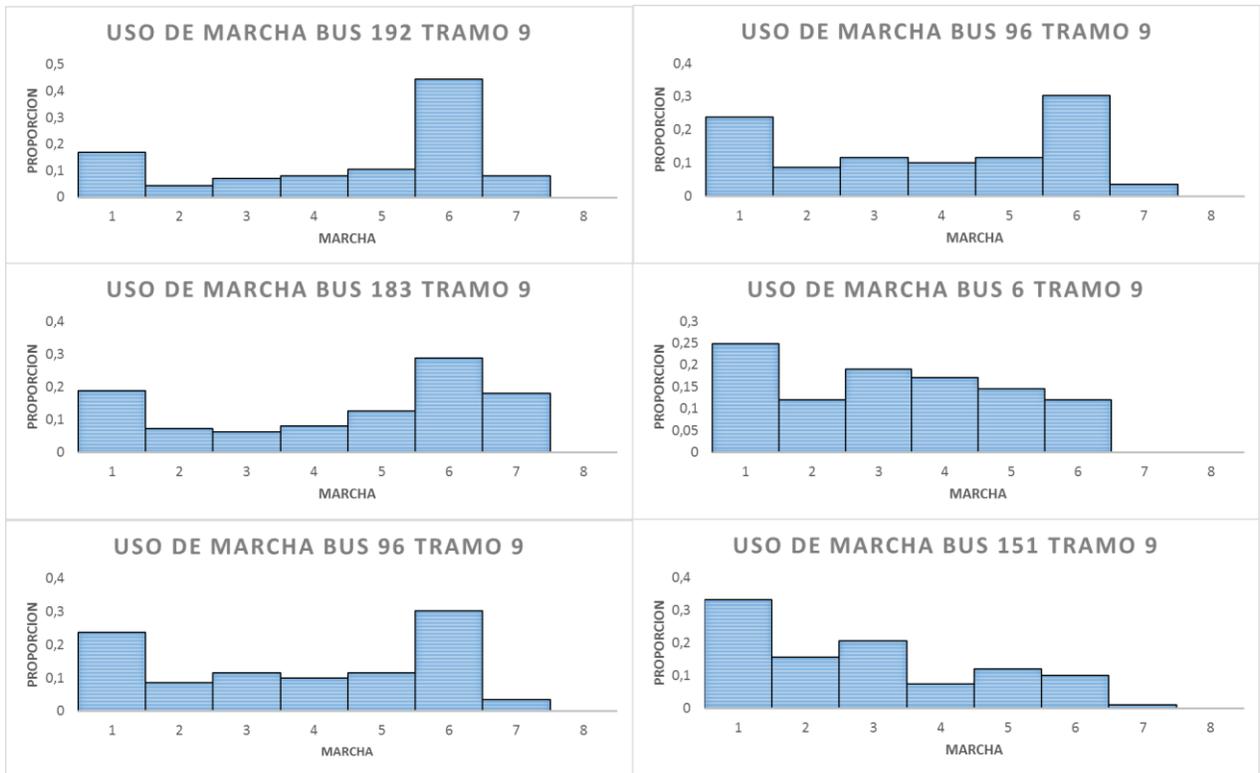


TRAMO 9



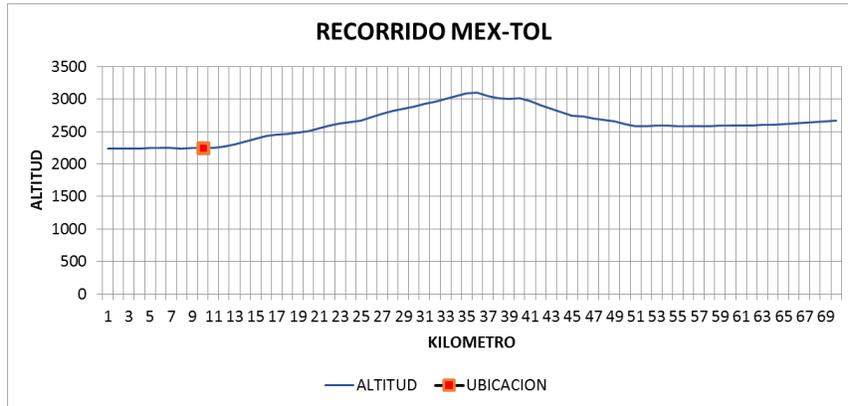
	MEJORES			PEORES		
Bus	192	183	96	MT	6	151
SFC	0,47	0,53	0,53	0,73	0,74	0,79



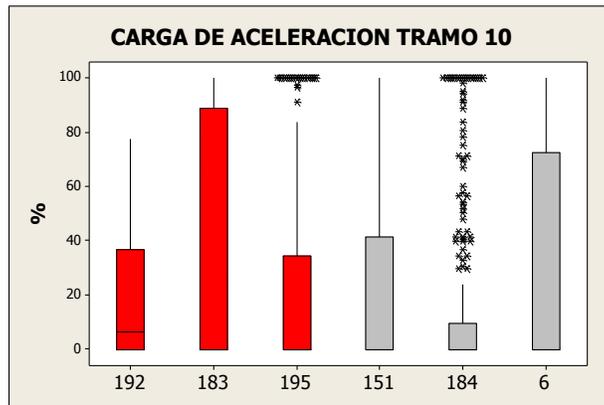
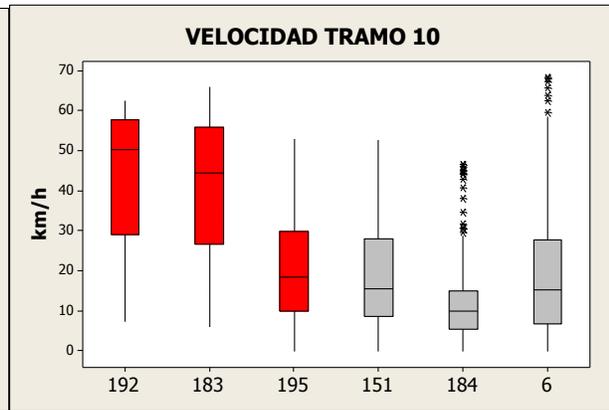
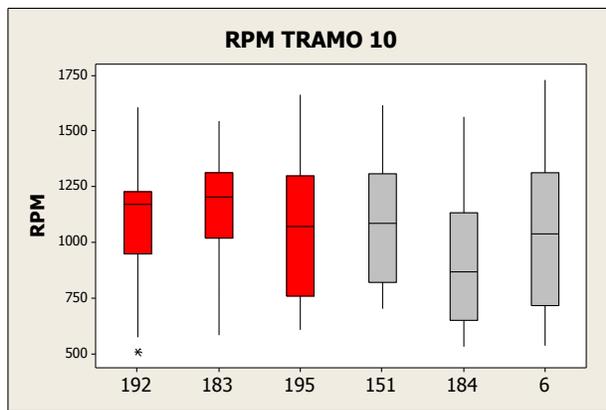


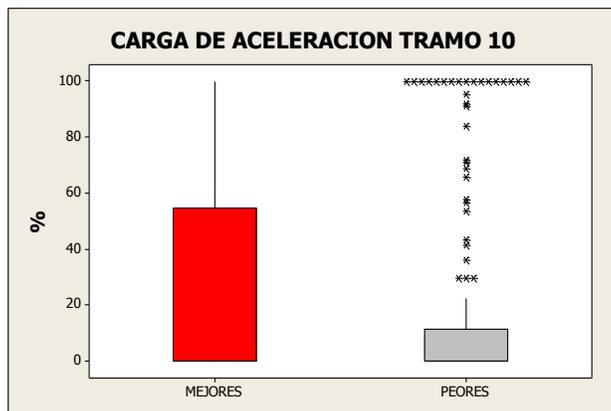
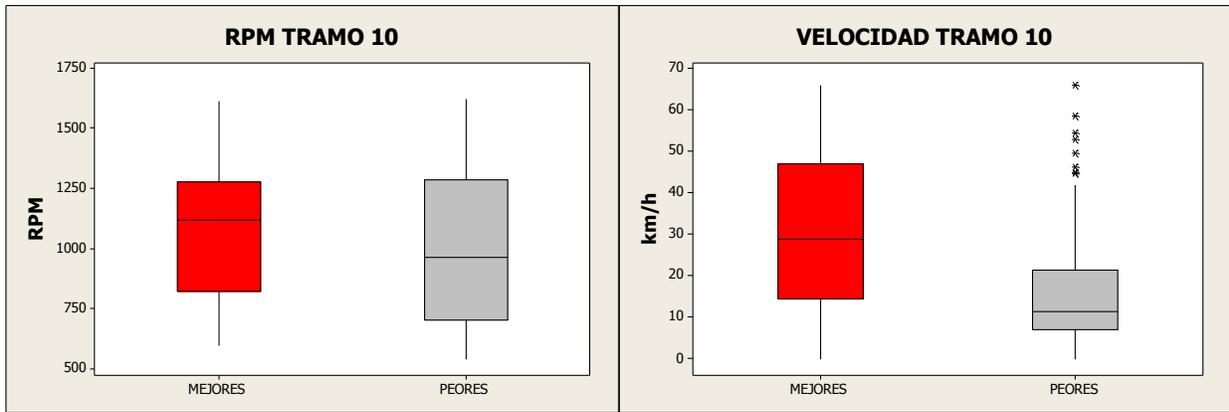
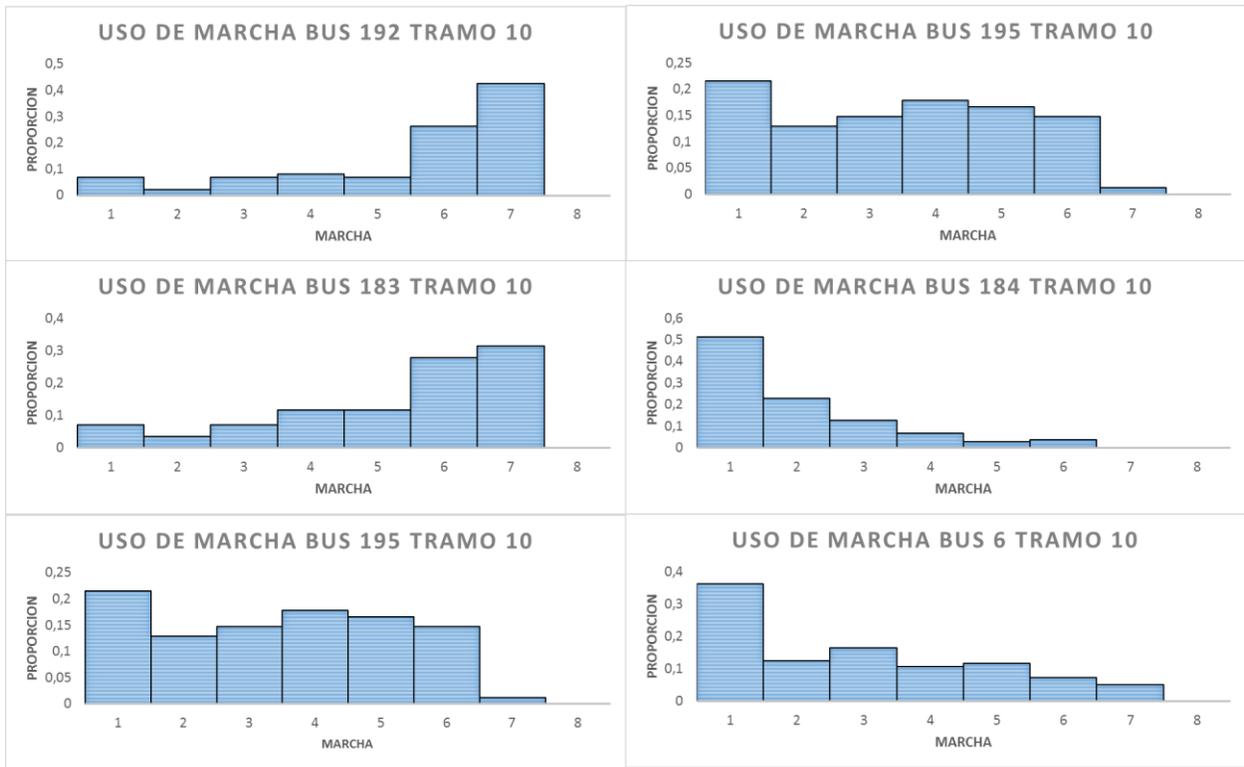


TRAMO 10



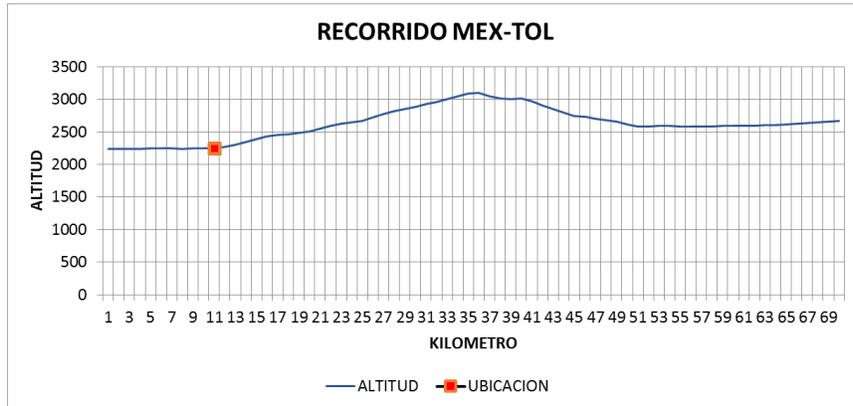
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	192	183	195	151	184	6
<b>SFC</b>	0,28	0,35	0,37	0,54	0,57	0,59



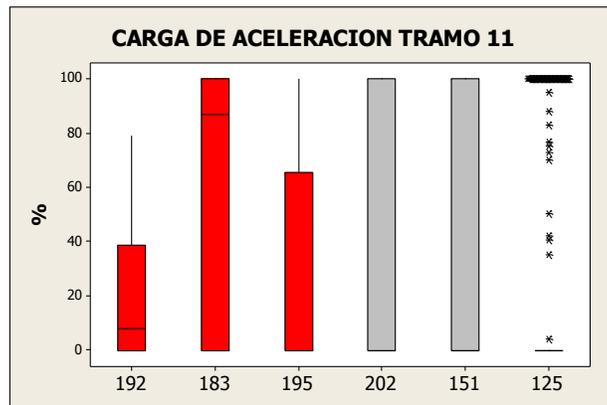
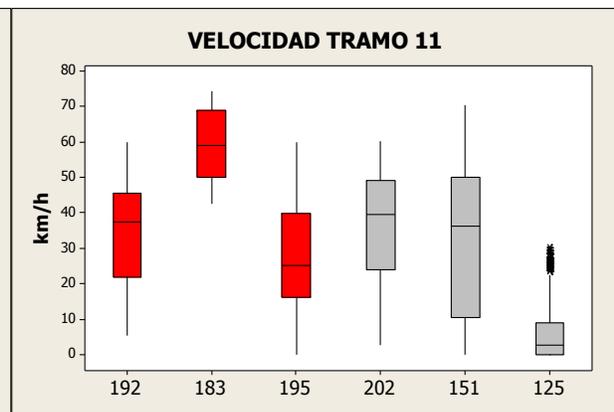
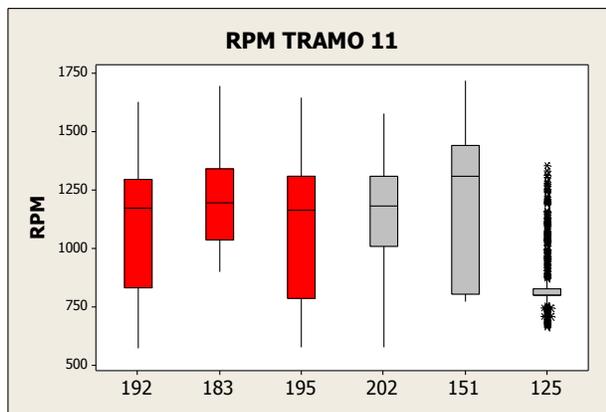


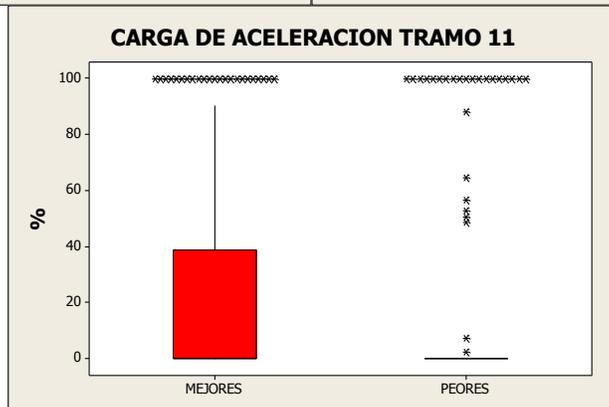
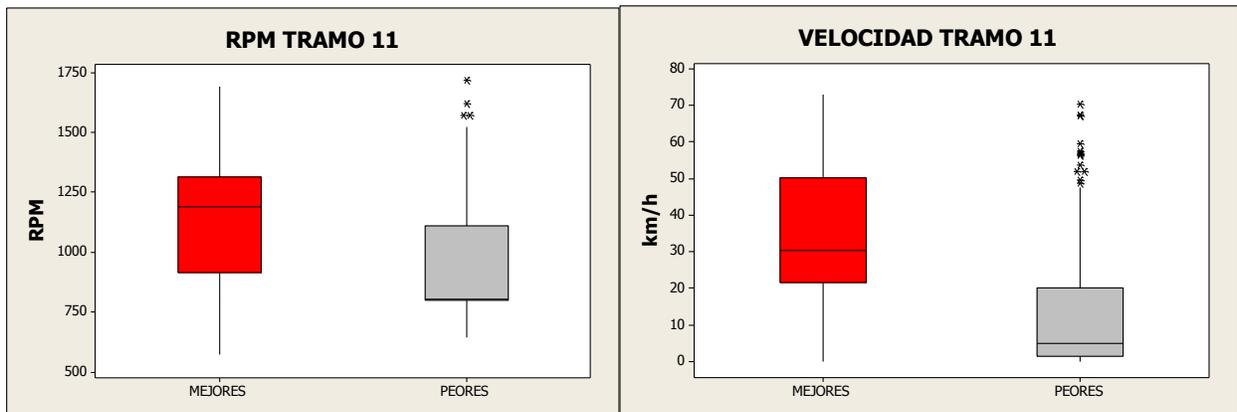
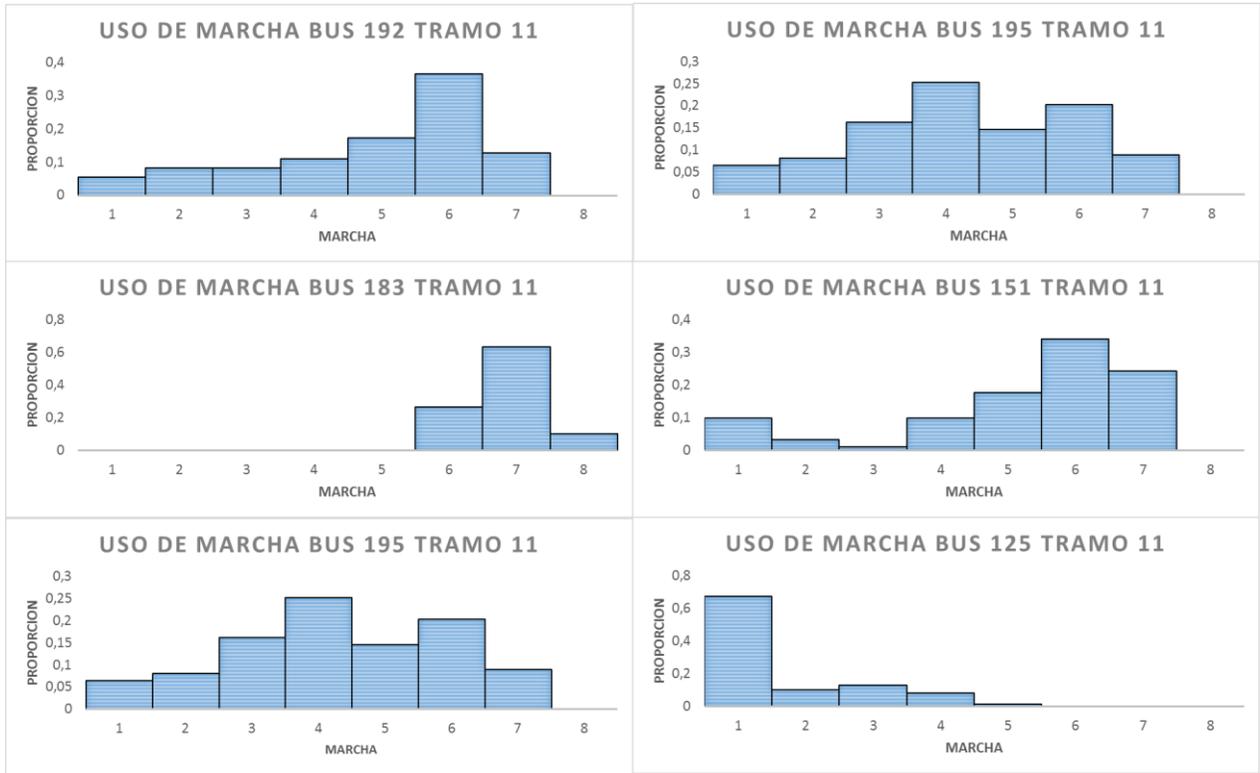


TRAMO 11



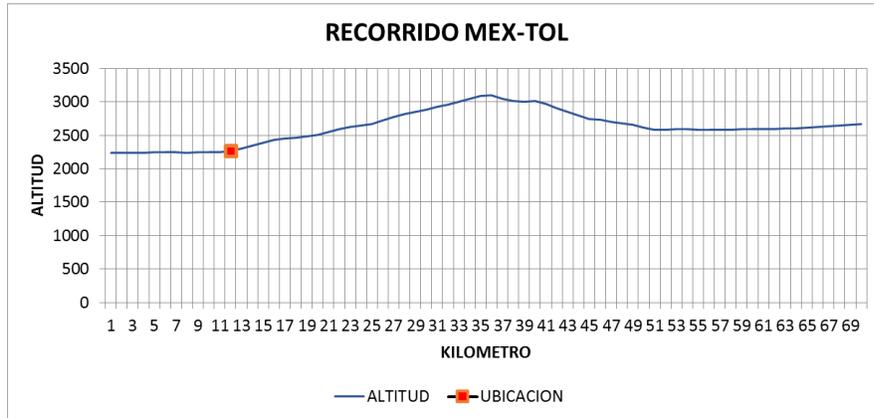
	MEJORES			PEORES		
Bus	192	183	195	202	151	125
SFC	0,40	0,46	0,47	0,58	0,63	0,68



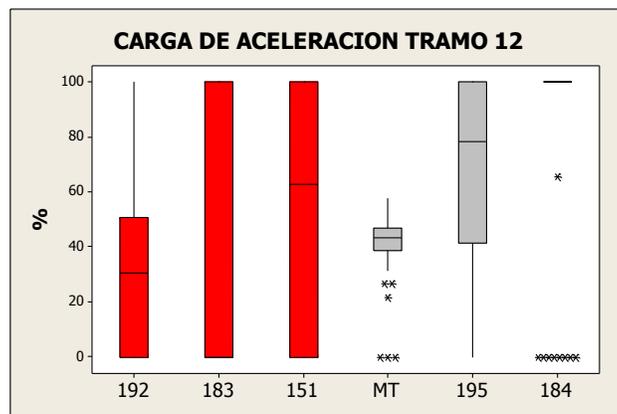
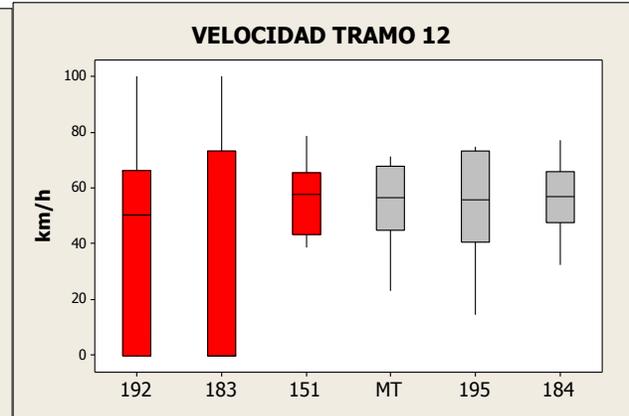
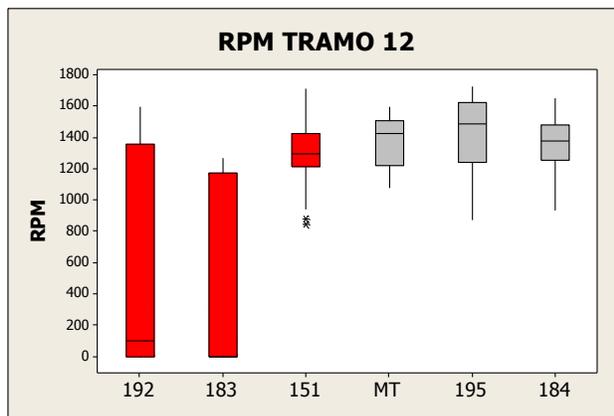


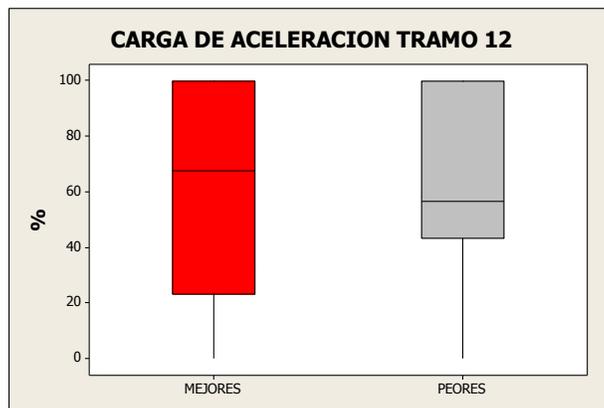
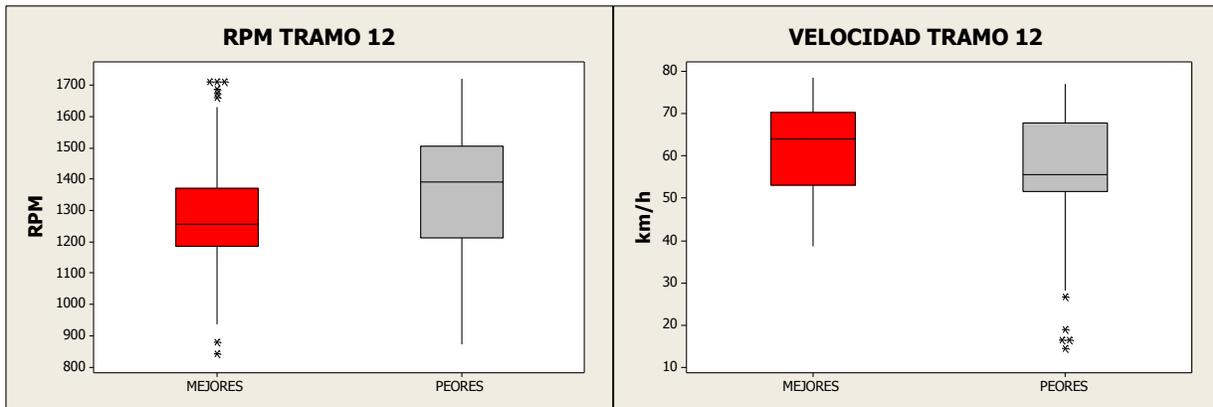
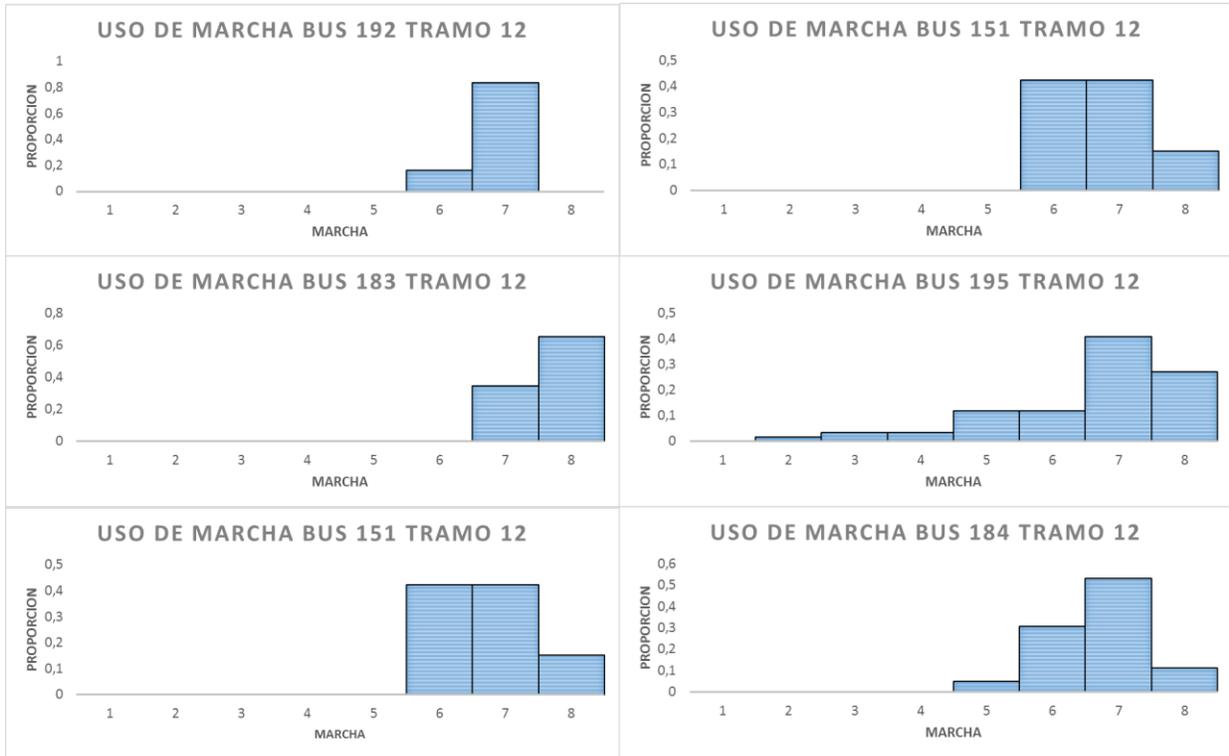


TRAMO 12



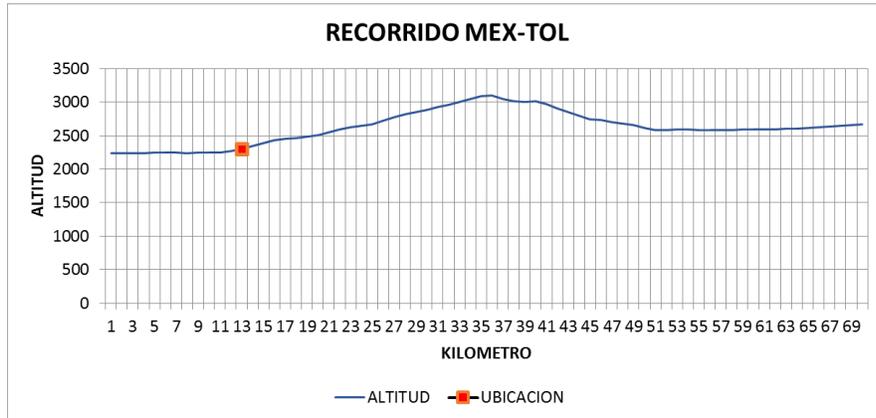
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	192	183	151	MT	195	184
<b>SFC</b>	0,60	0,61	0,65	0,86	0,91	0,94



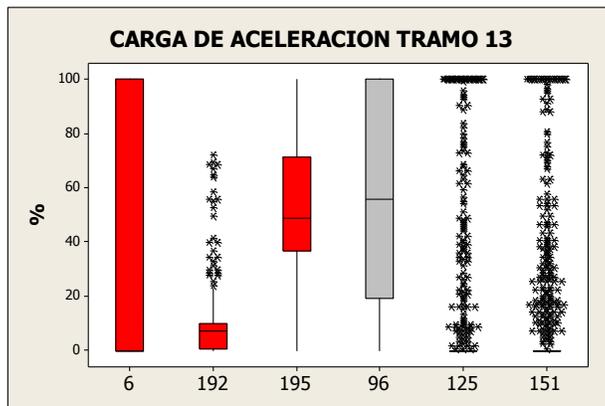
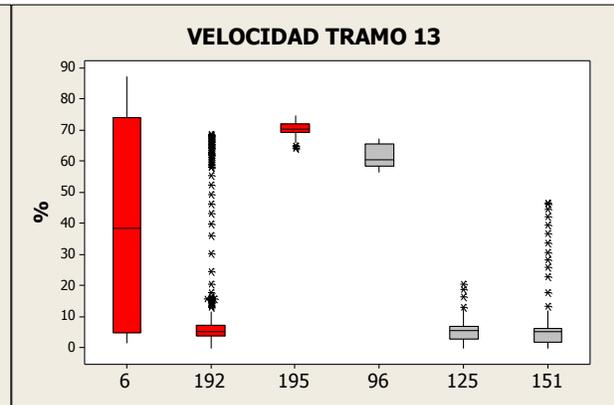
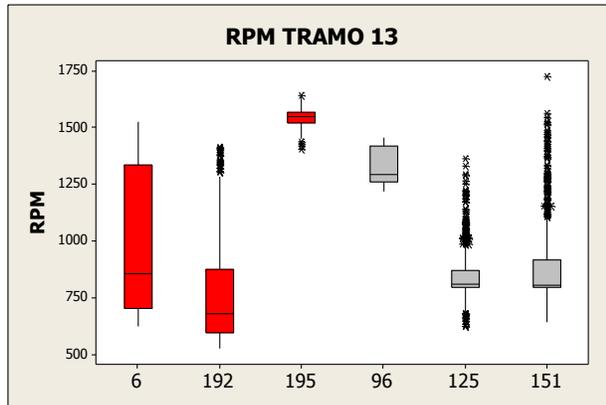


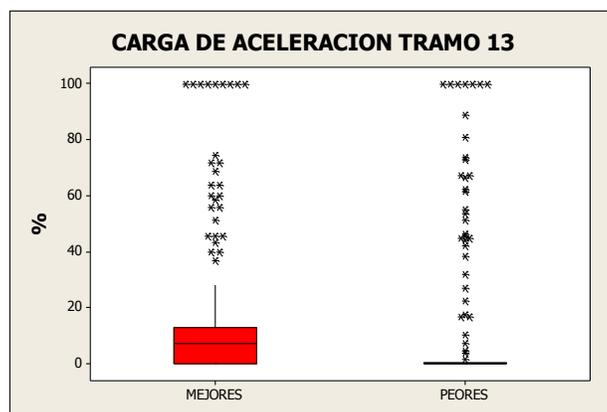
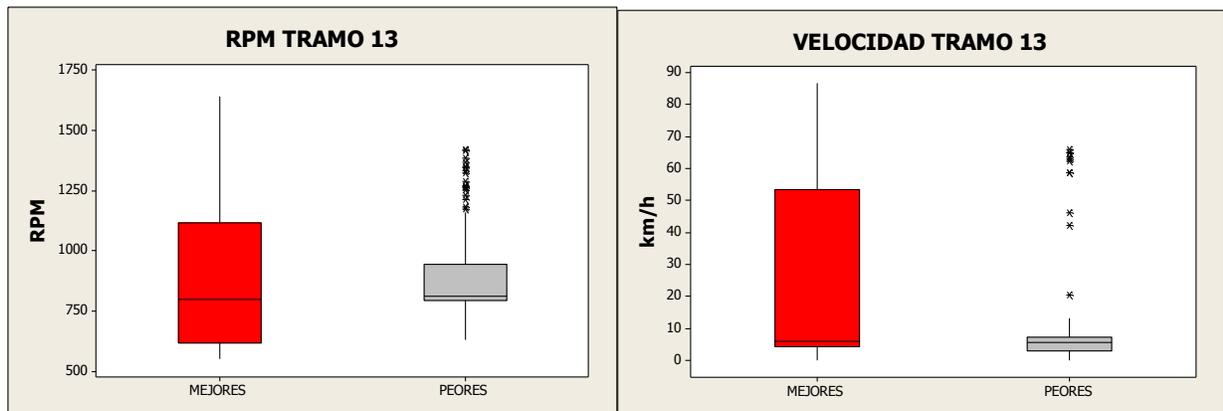
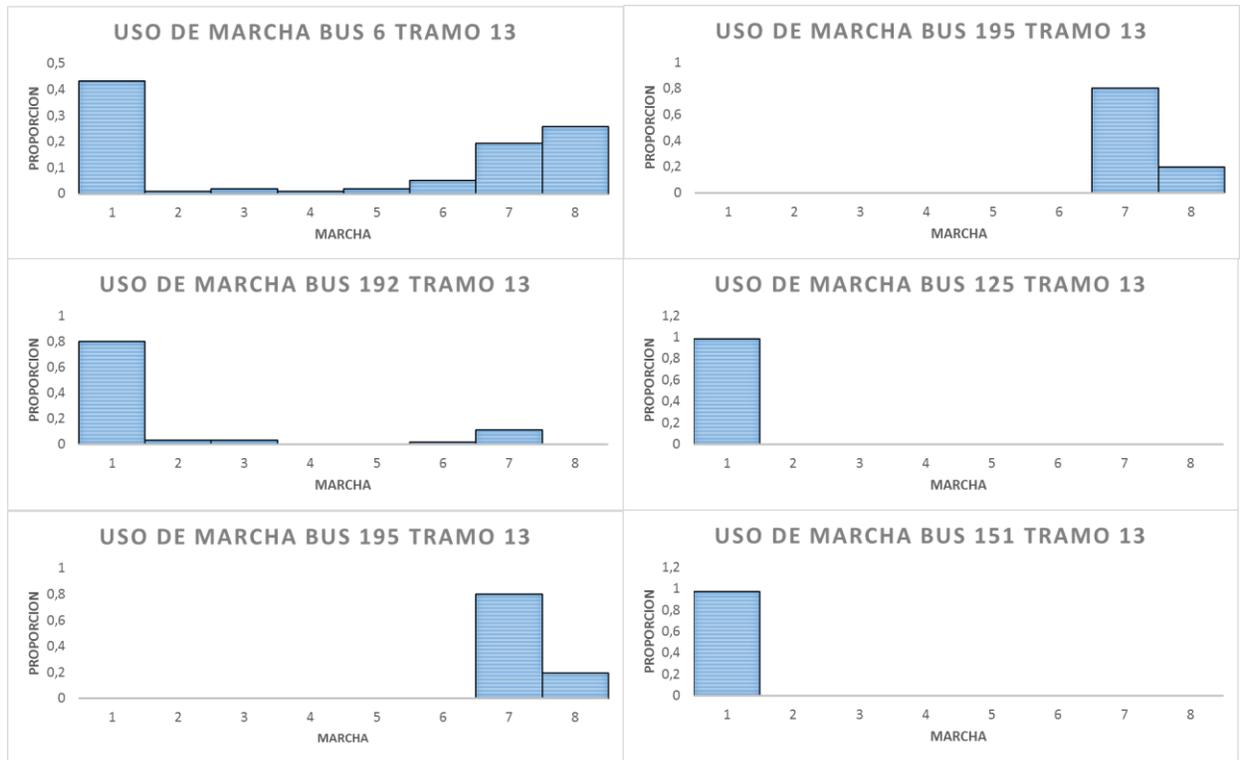


TRAMO 13



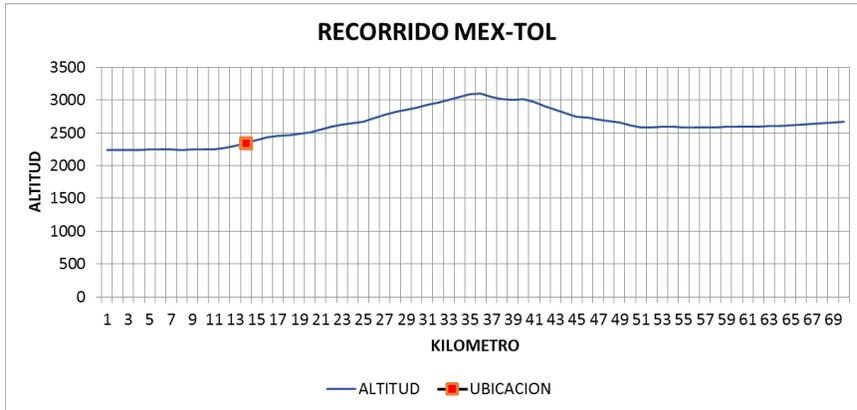
	MEJORES			PEORES		
Bus	6	192	195	96	125	151
SFC	0,52	0,56	0,63	0,70	0,83	1,19



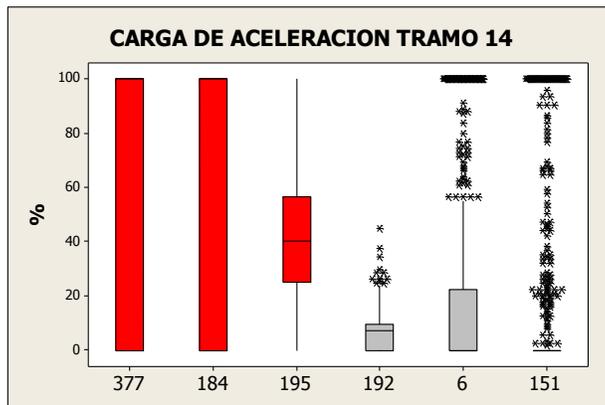
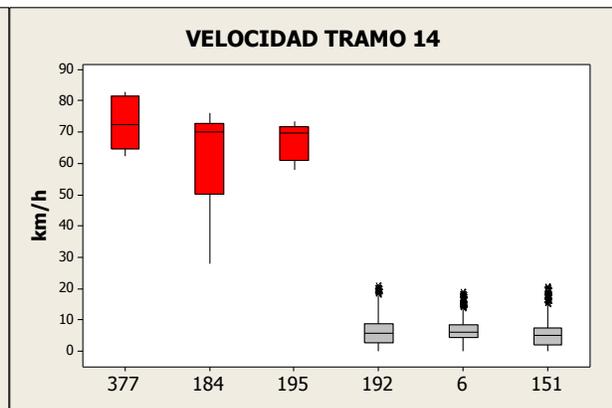
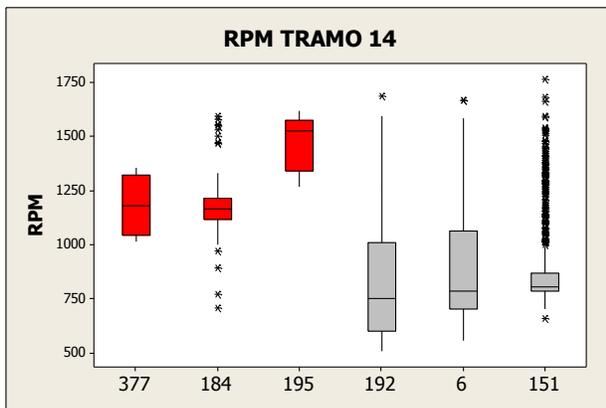


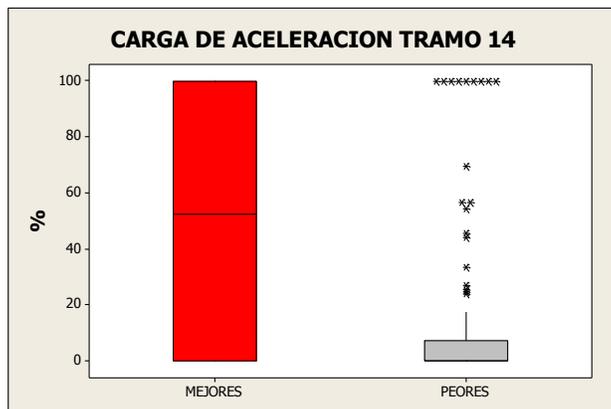
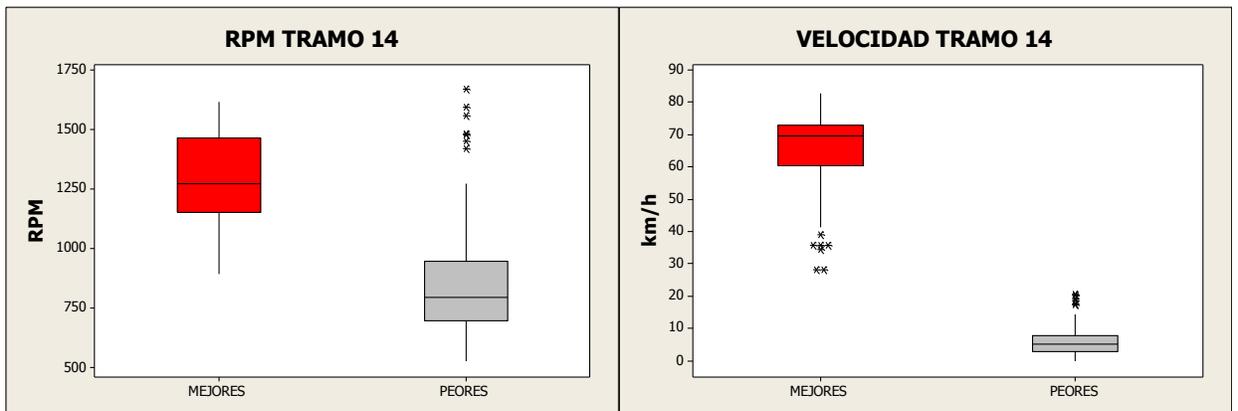
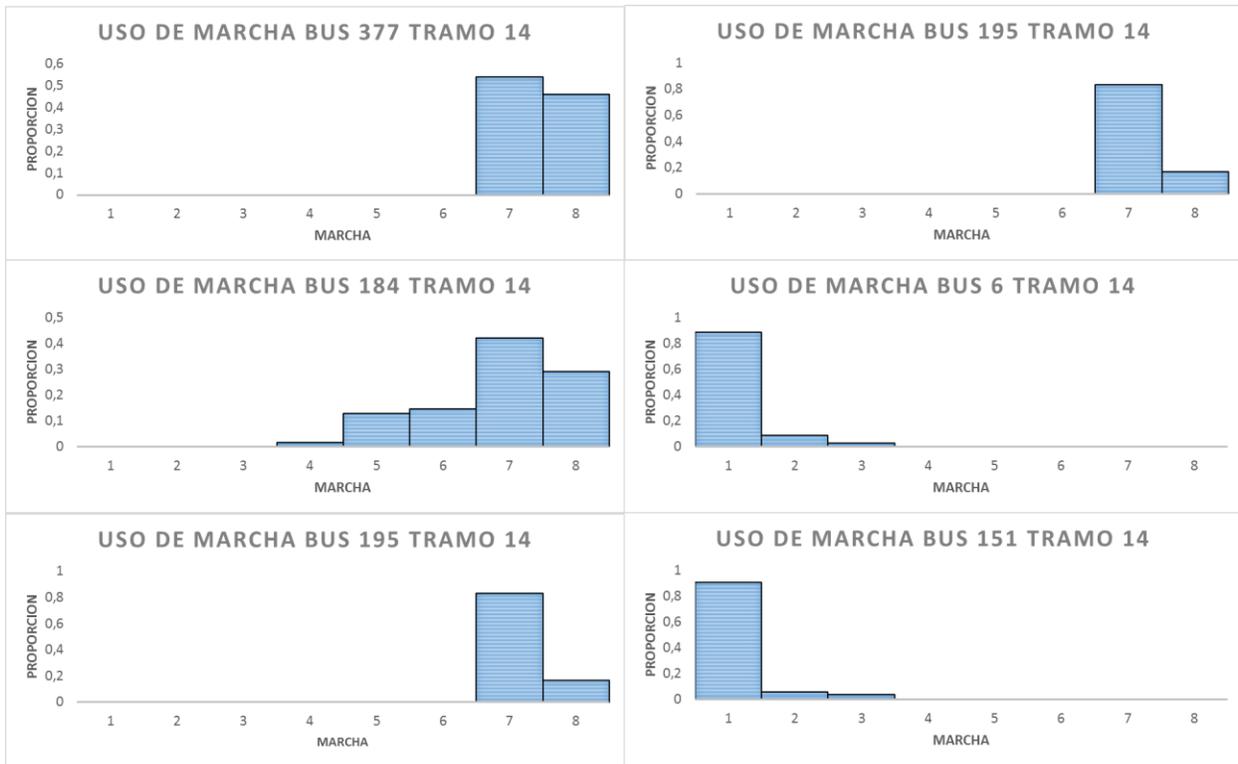


TRAMO 14



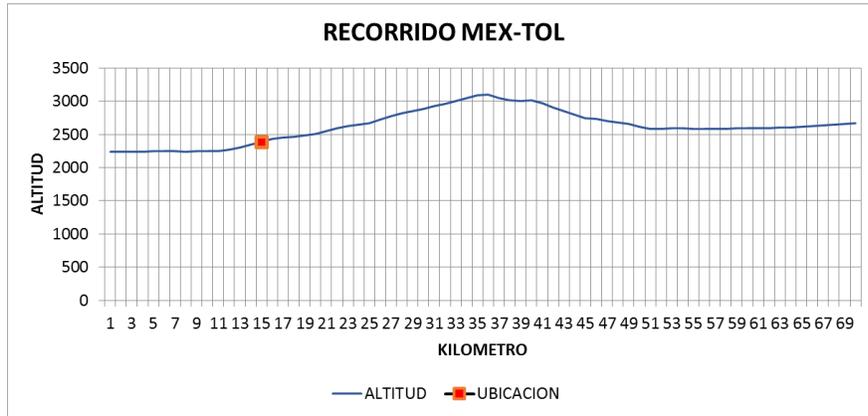
	MEJORES			PEORES		
Bus	377	184	195	192	6	151
SFC	0,46	0,49	0,49	0,75	0,88	1,16



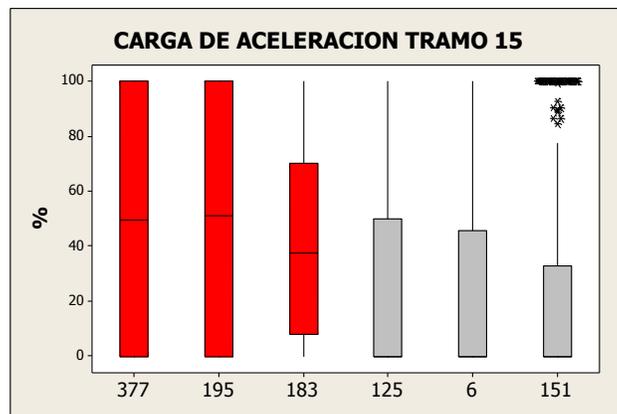
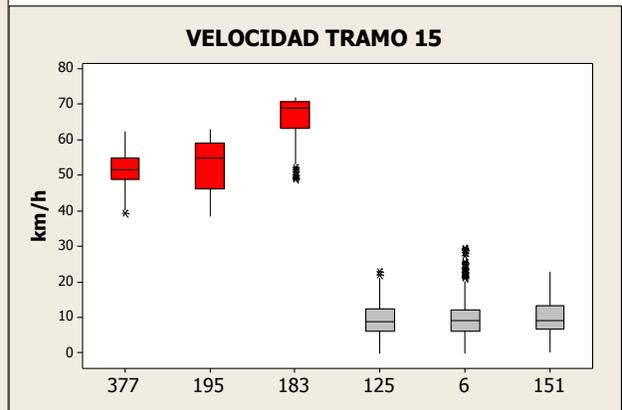
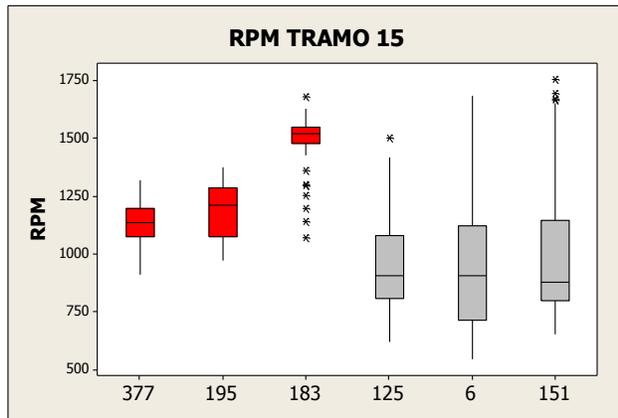


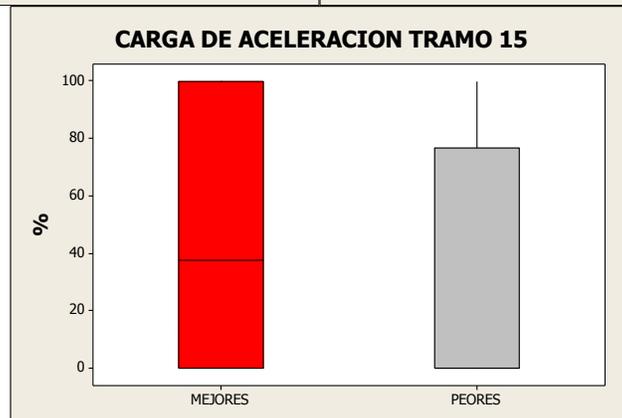
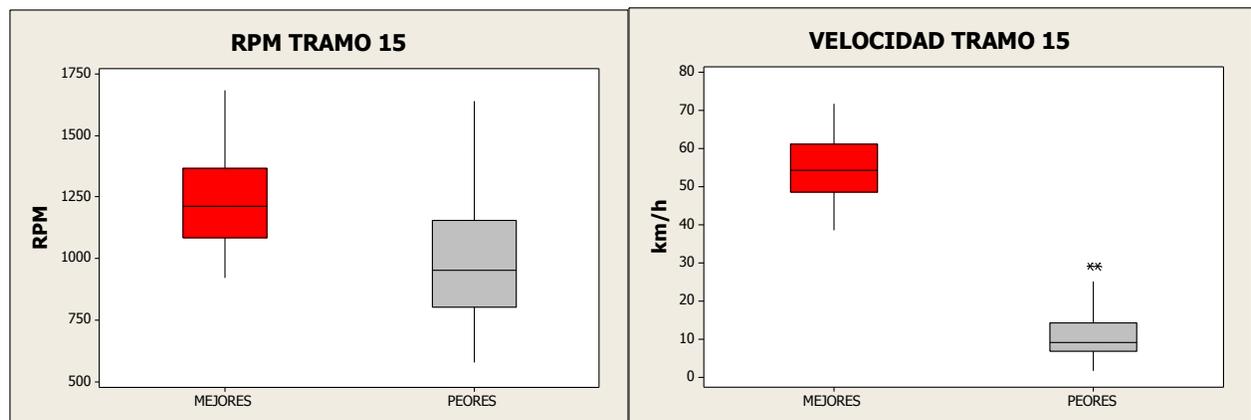
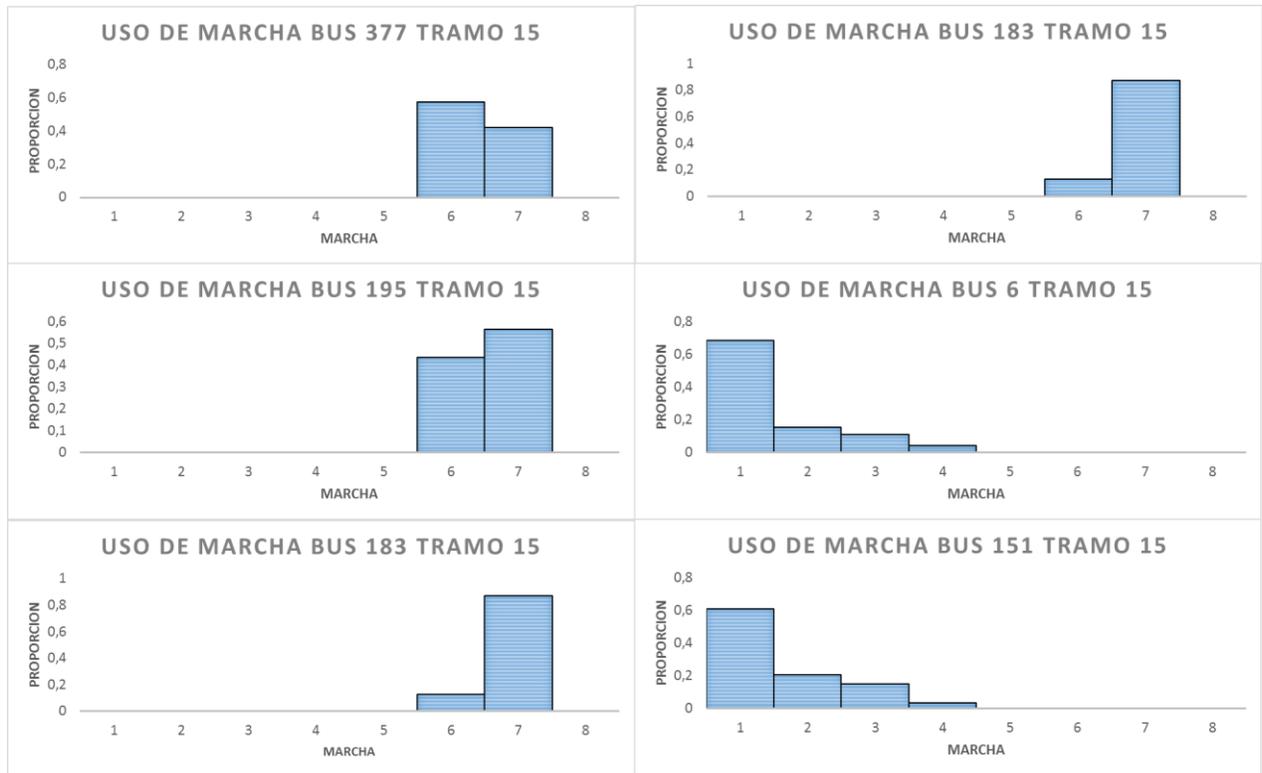


TRAMO 15



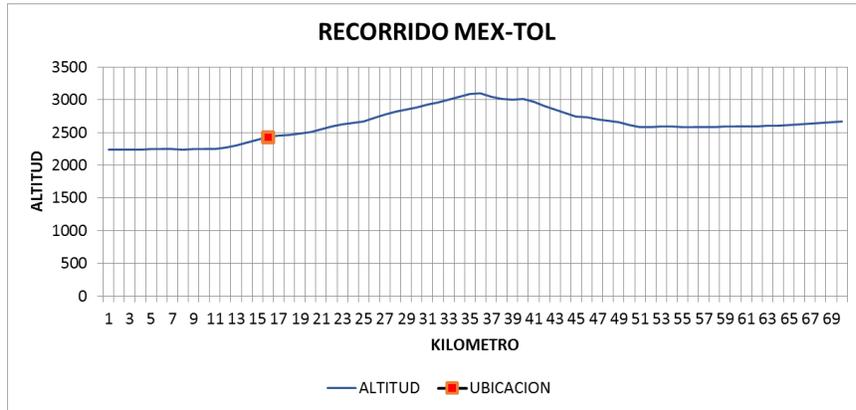
	MEJORES			PEORES		
Bus	377	195	183	125	6	151
SFC	0,51	0,56	0,56	0,84	0,86	0,87



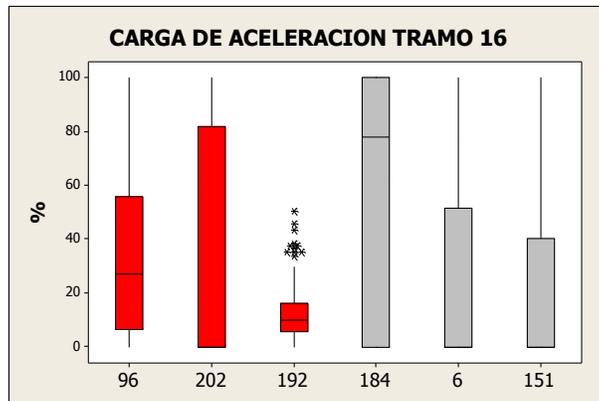
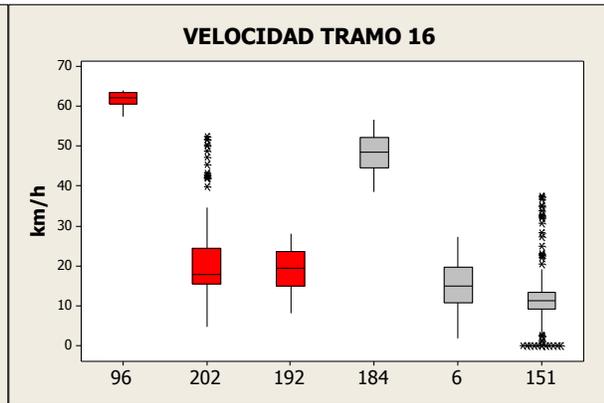
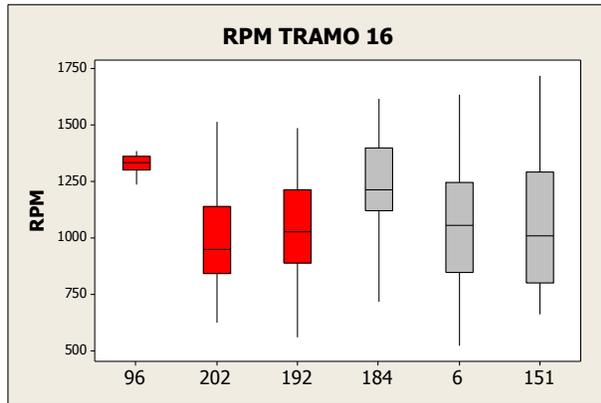


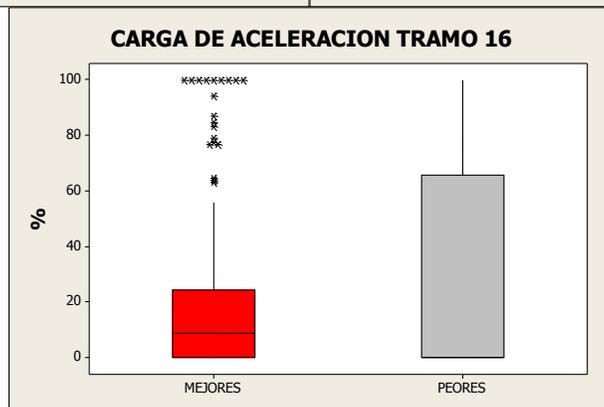
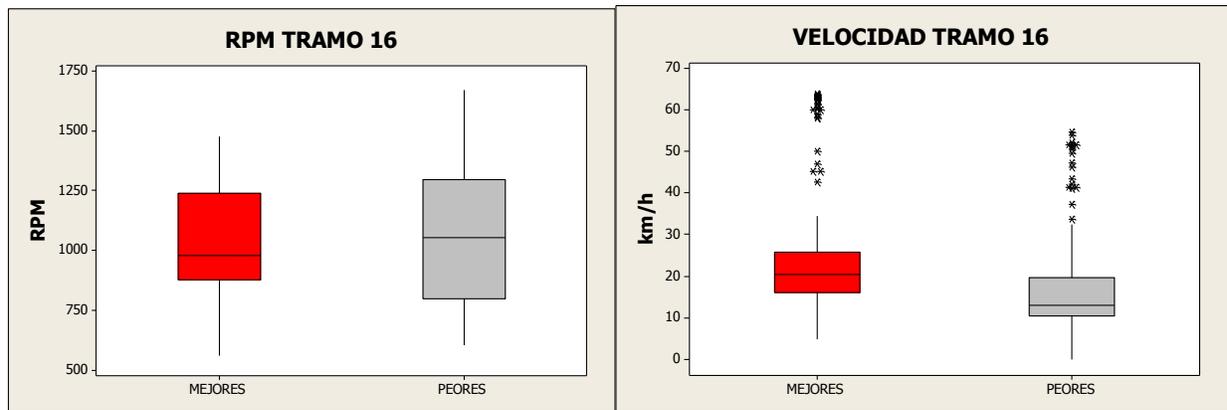
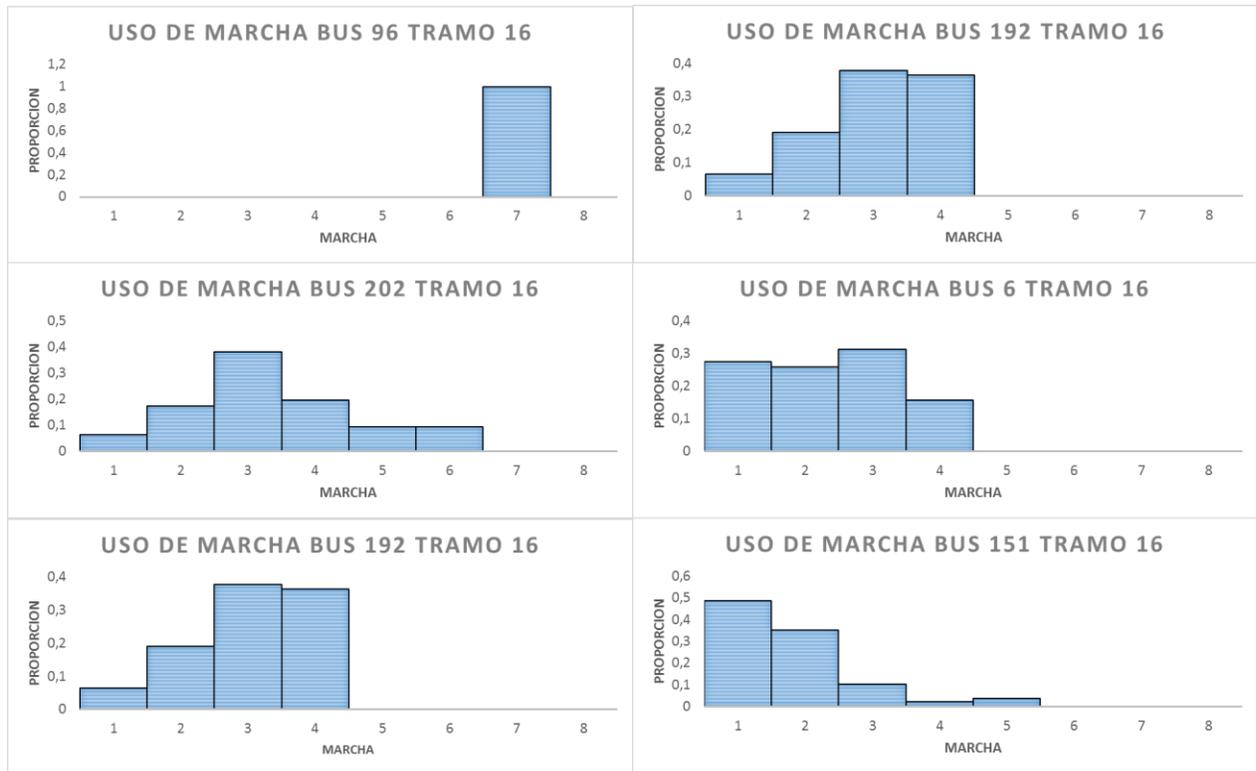


TRAMO 16



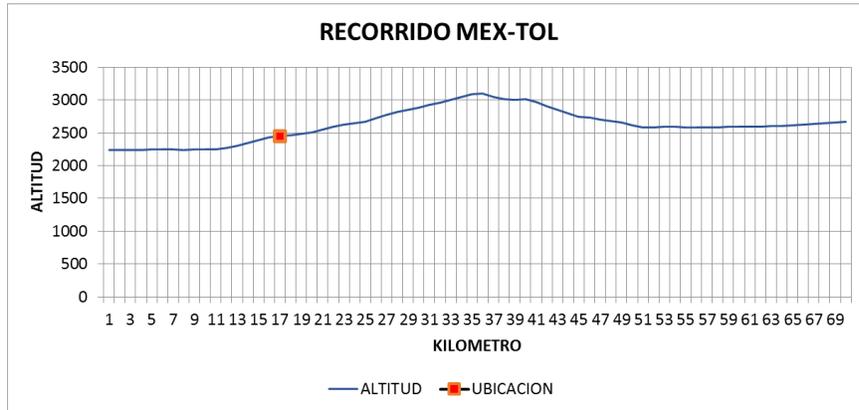
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	96	202	192	184	6	151
<b>SFC</b>	0,42	0,43	0,43	0,59	0,63	0,71



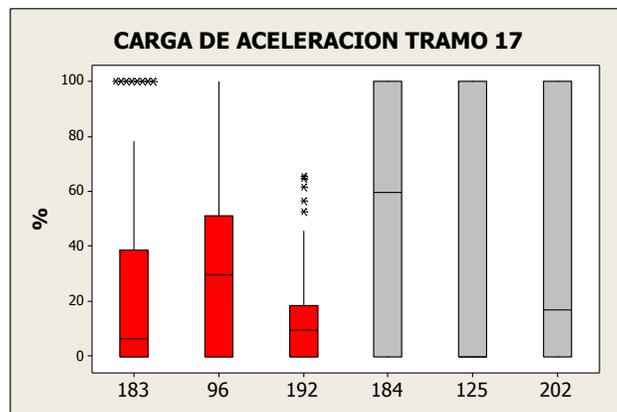
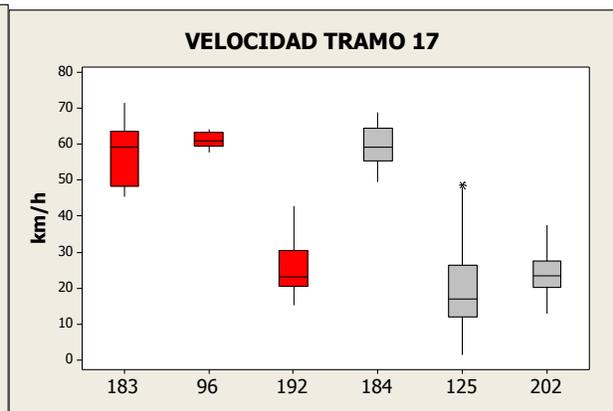
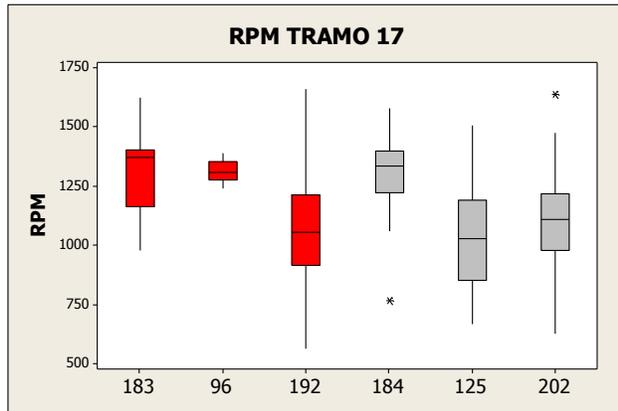


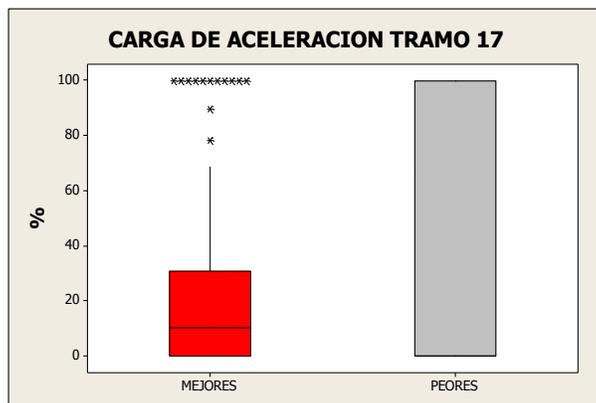
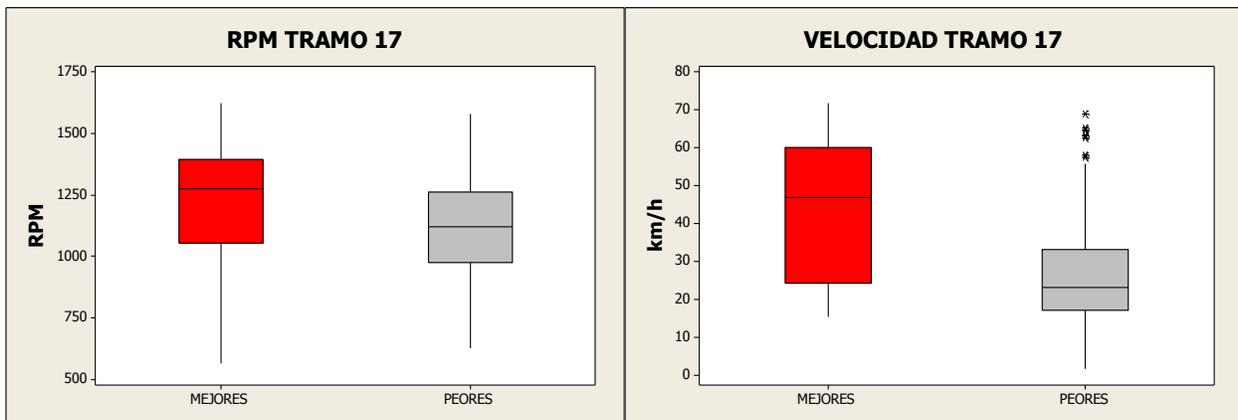
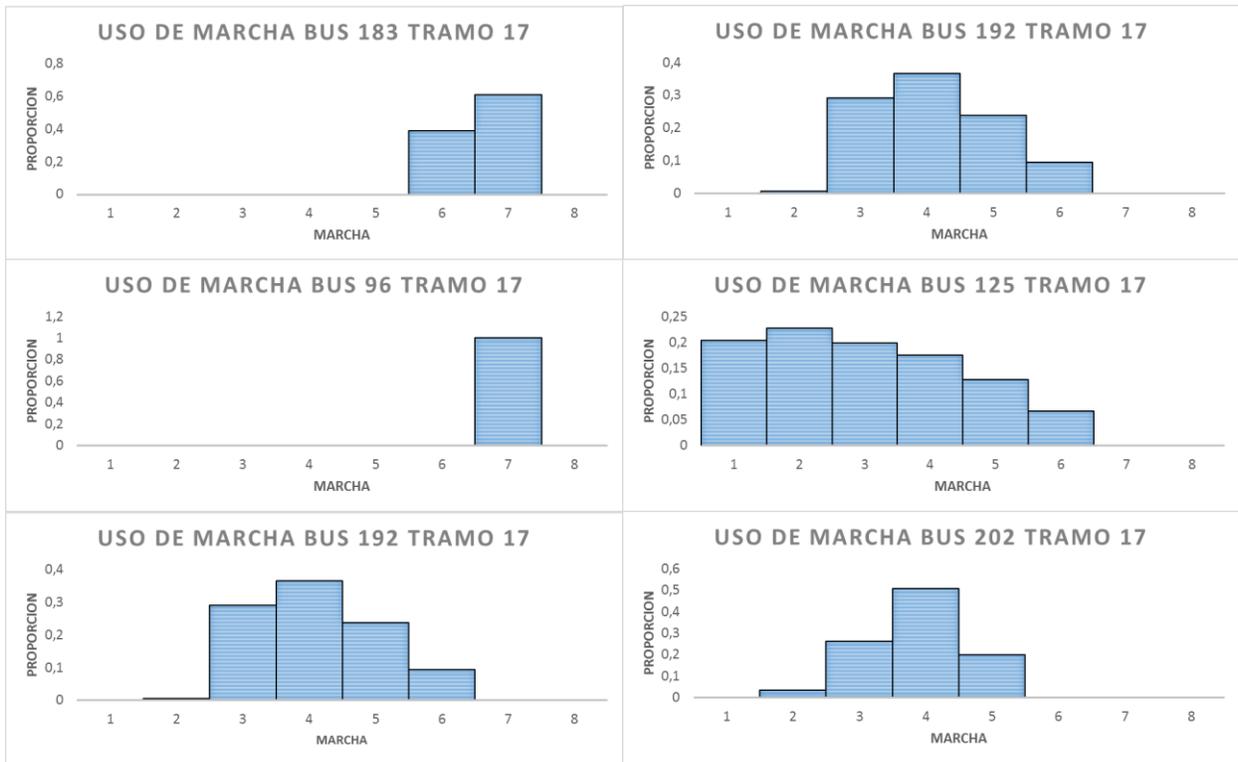


TRAMO 17



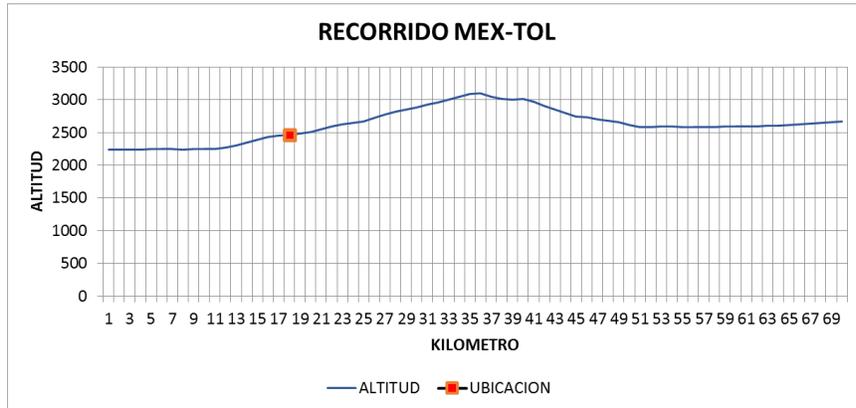
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	183	96	192	184	125	202
<b>SFC</b>	0,21	0,33	0,35	0,48	0,48	0,49



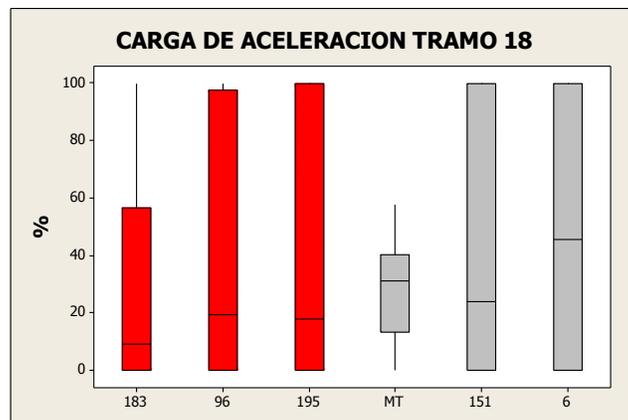
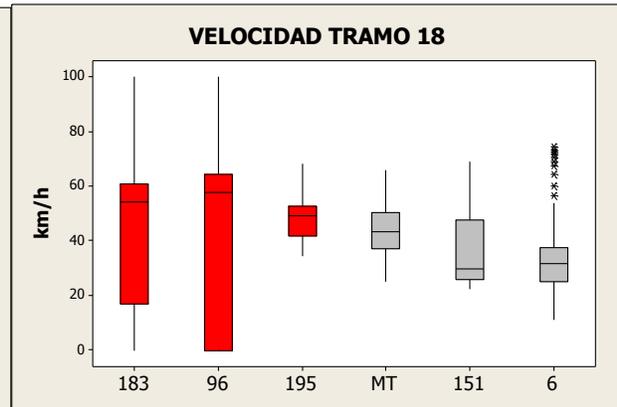
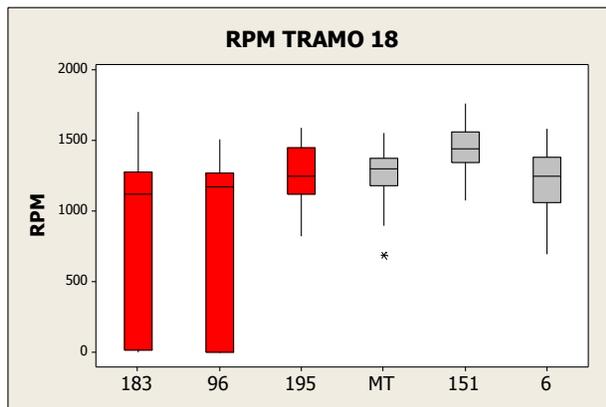


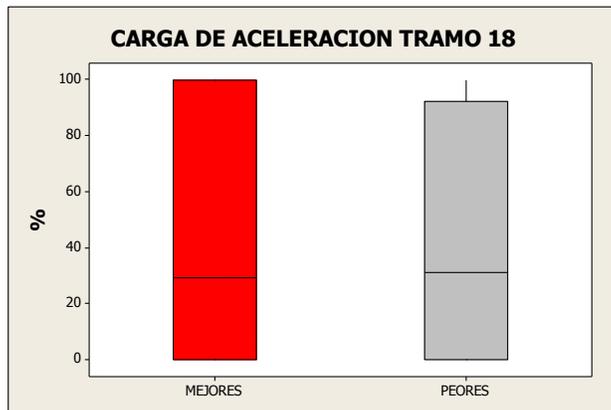
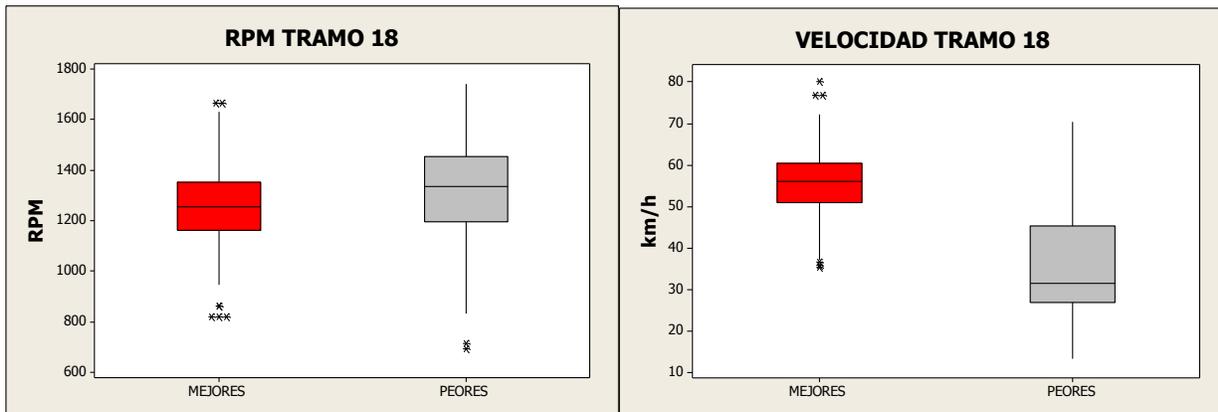
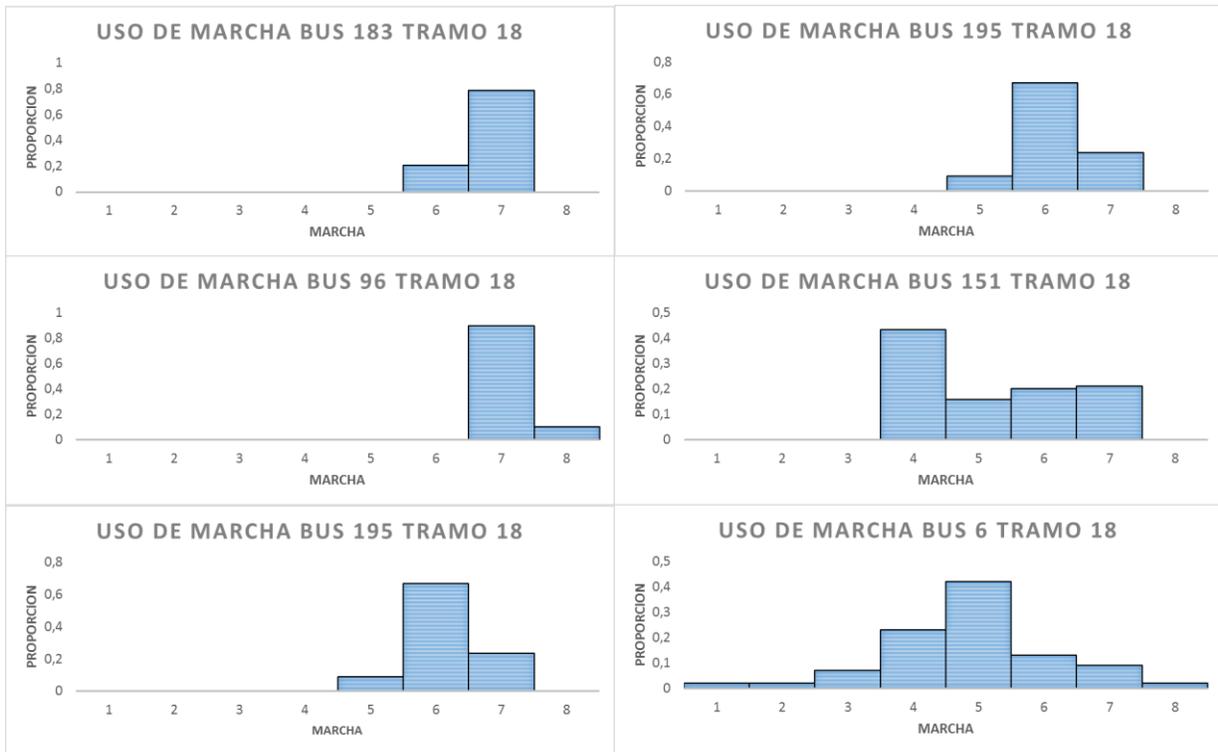


TRAMO 18



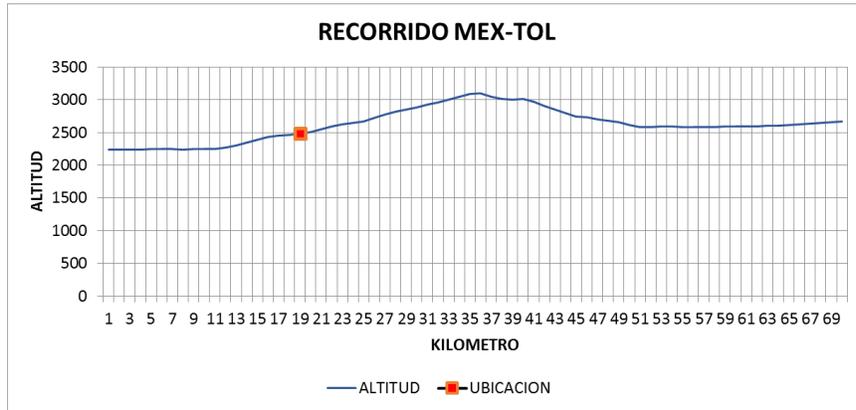
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	183	96	195	MT	151	6
<b>SFC</b>	0,37	0,41	0,48	0,55	0,57	0,68



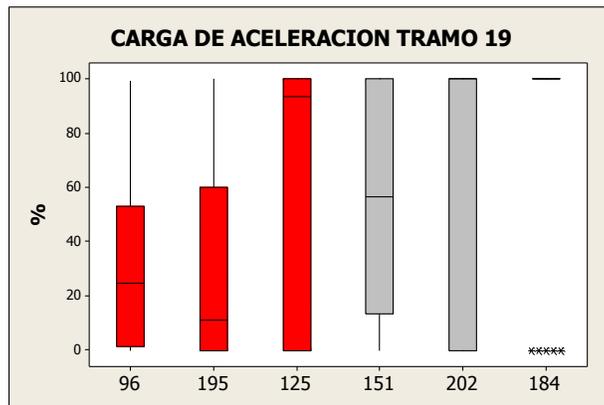
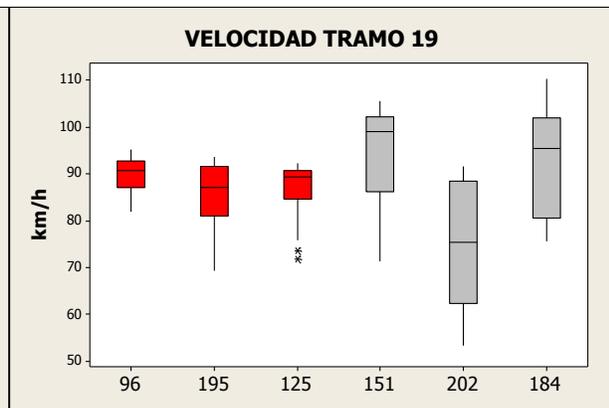
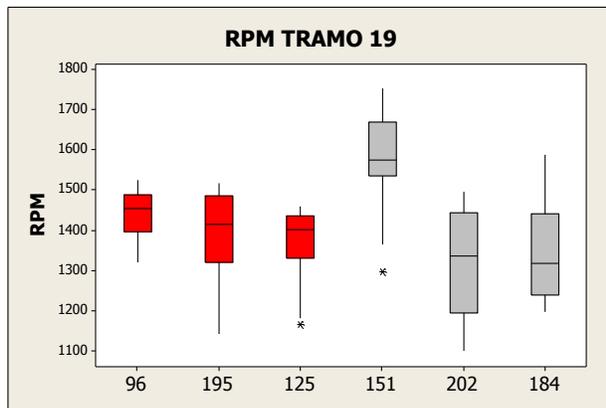


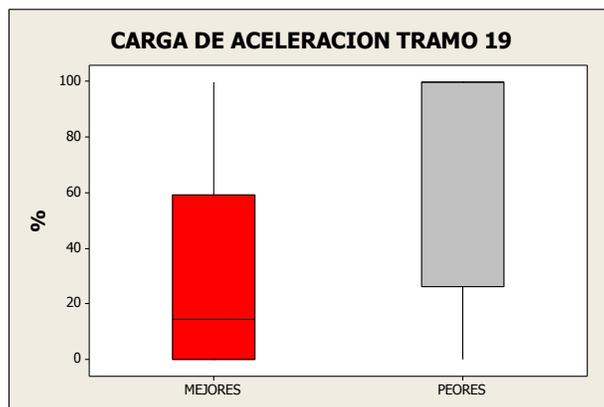
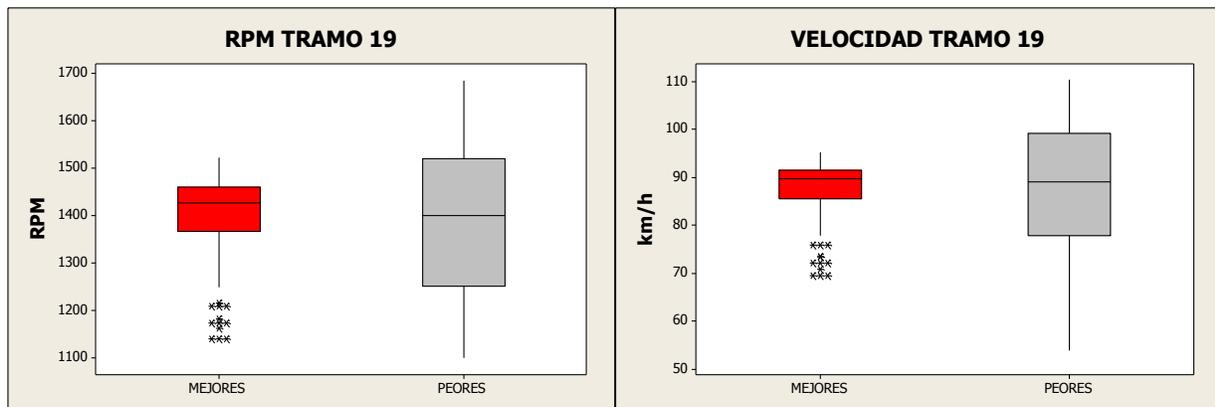
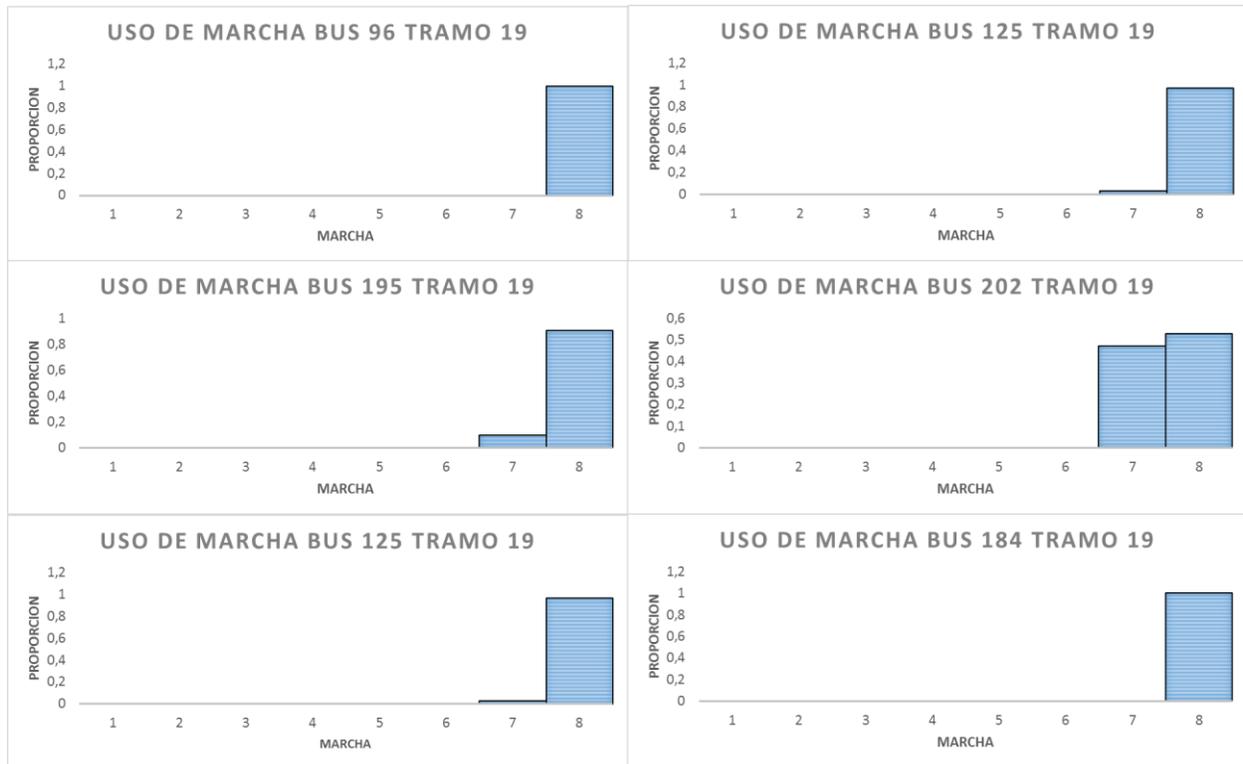


TRAMO 19



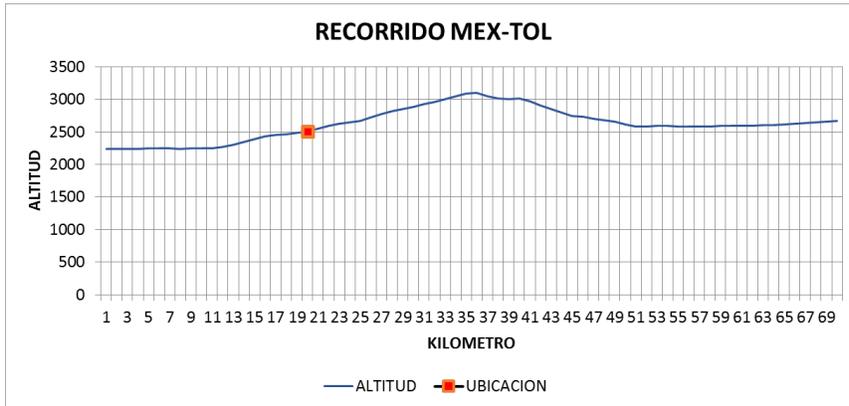
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	96	195	125	151	202	184
<b>SFC</b>	0,22	0,23	0,25	0,46	0,47	0,56



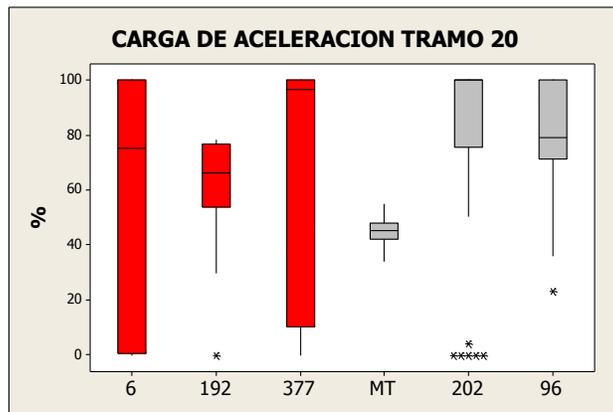
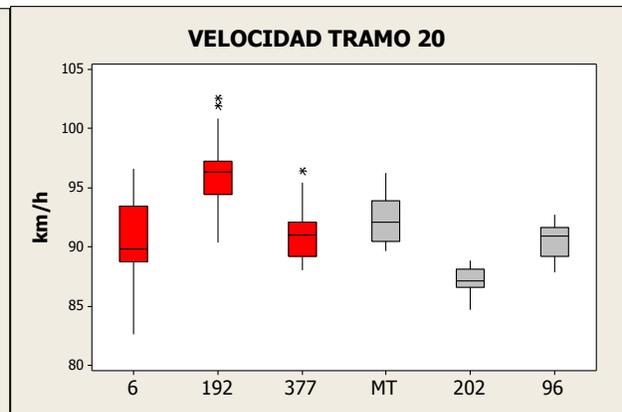
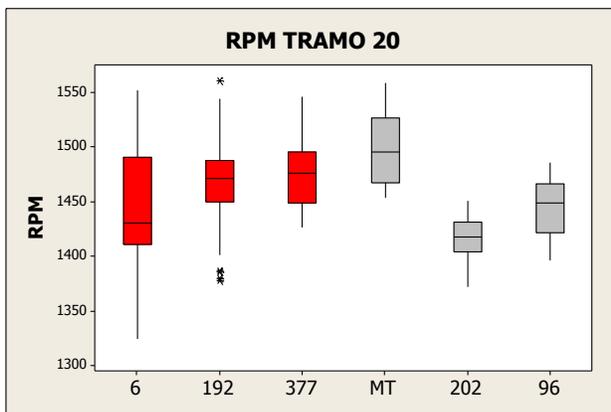


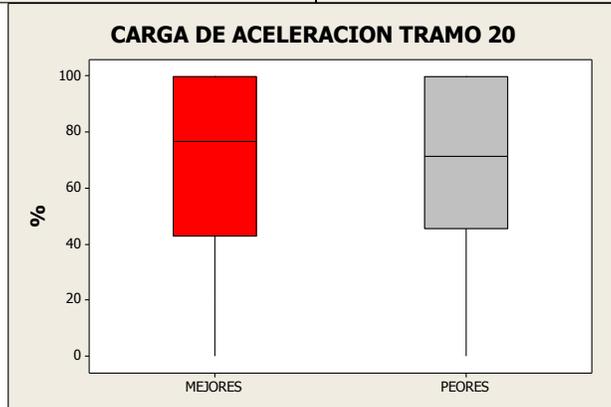
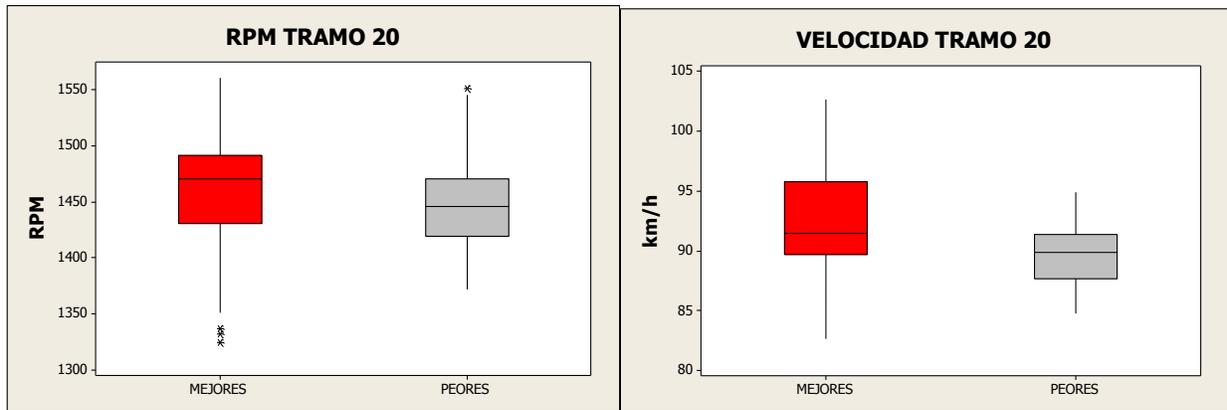
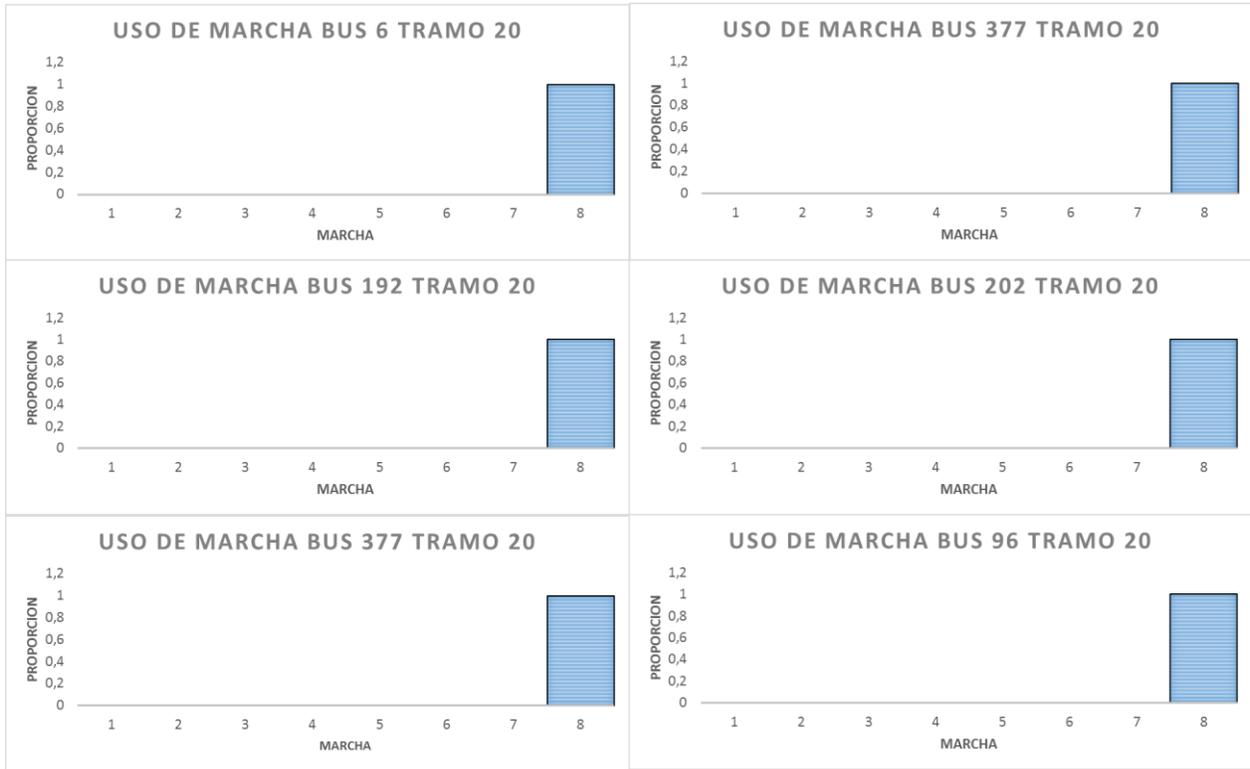


TRAMO 20



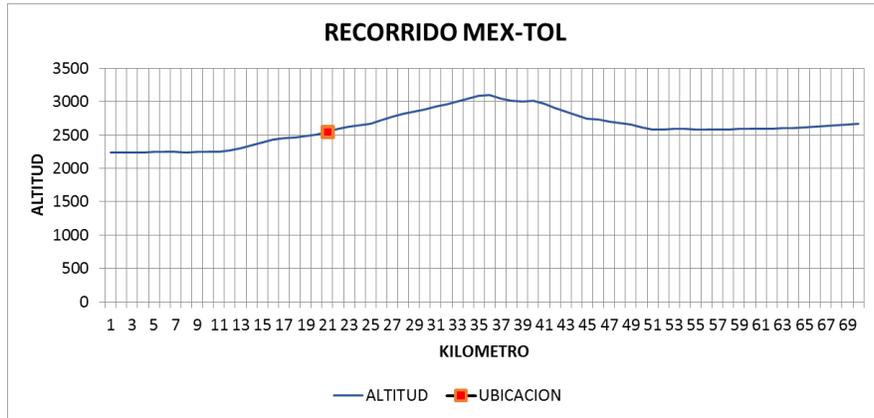
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	6	192	377	MT	202	96
<b>SFC</b>	0,56	0,56	0,59	0,65	0,67	0,67



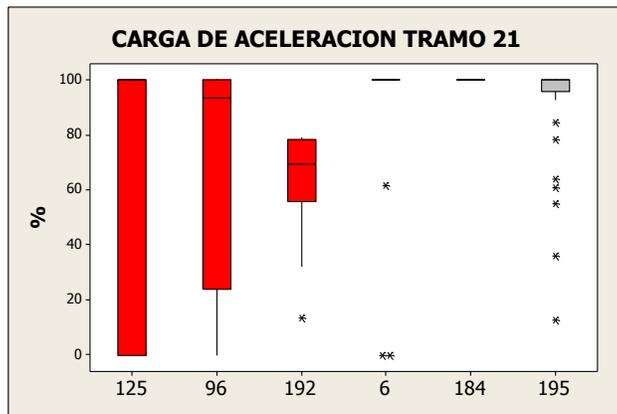
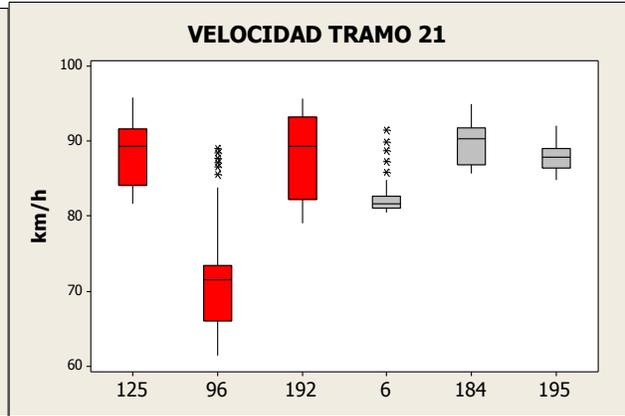
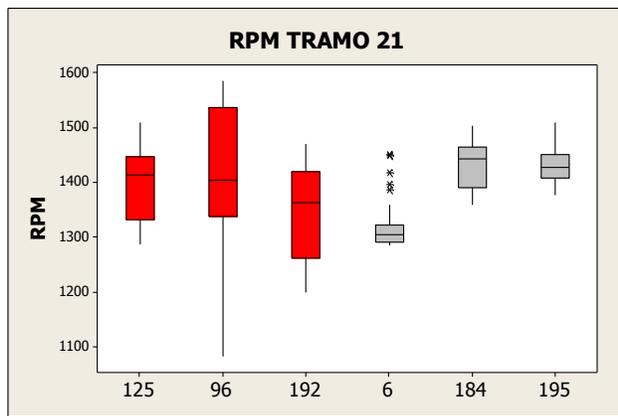


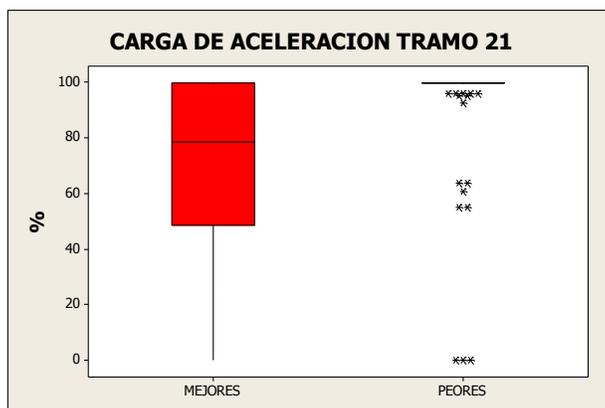
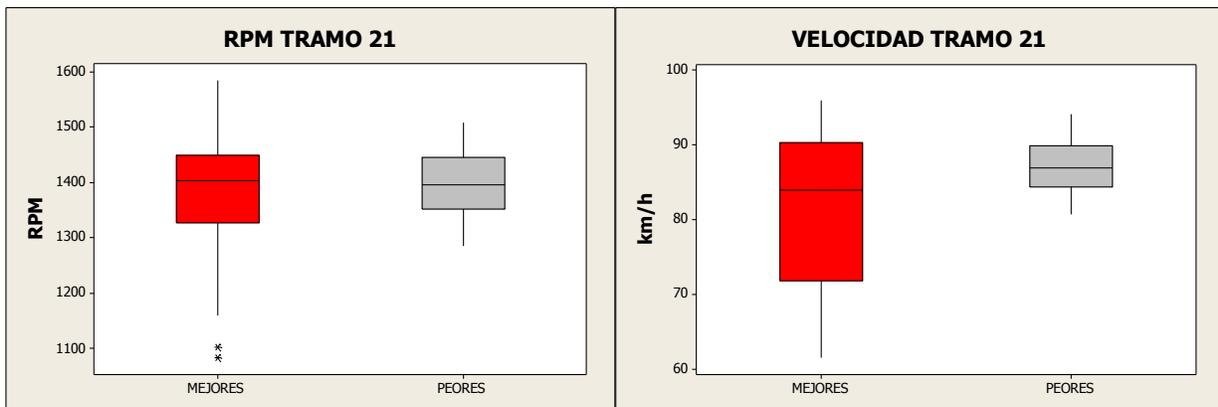
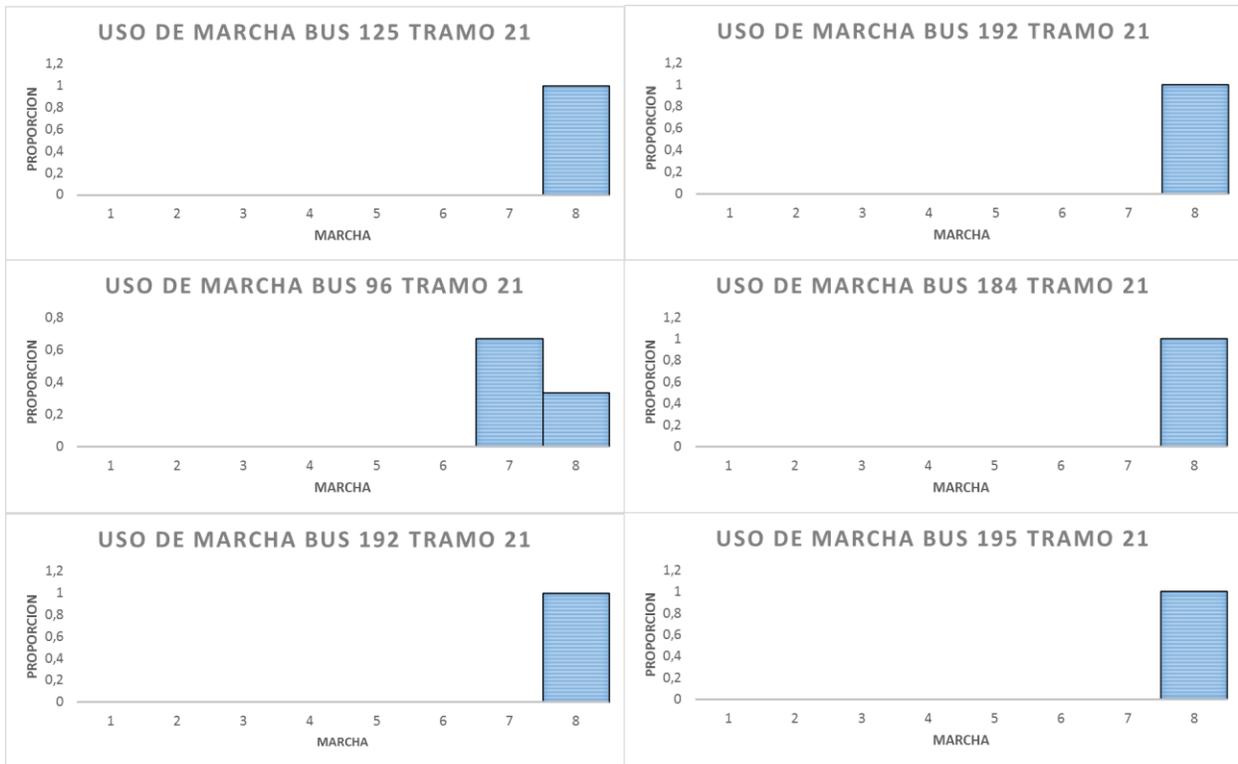


TRAMO 21



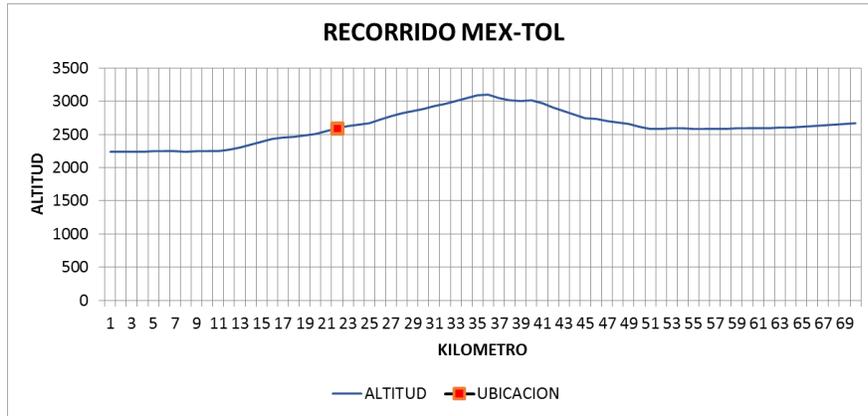
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	125	96	192	6	184	195
<b>SFC</b>	0,57	0,61	0,62	0,76	0,76	0,76



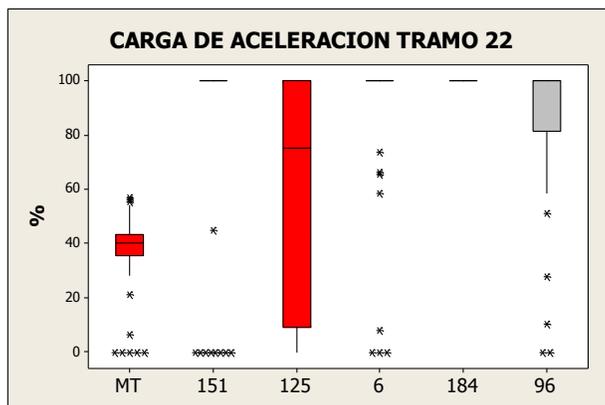
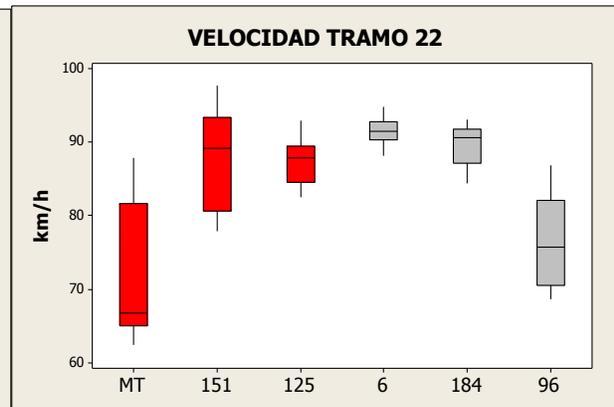
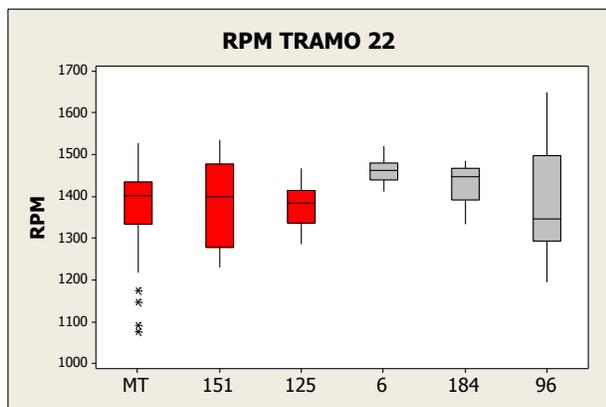


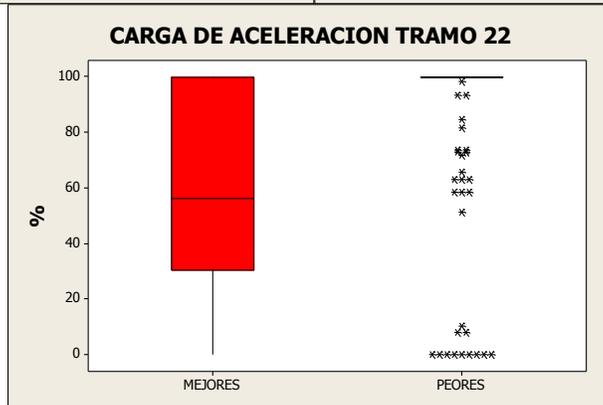
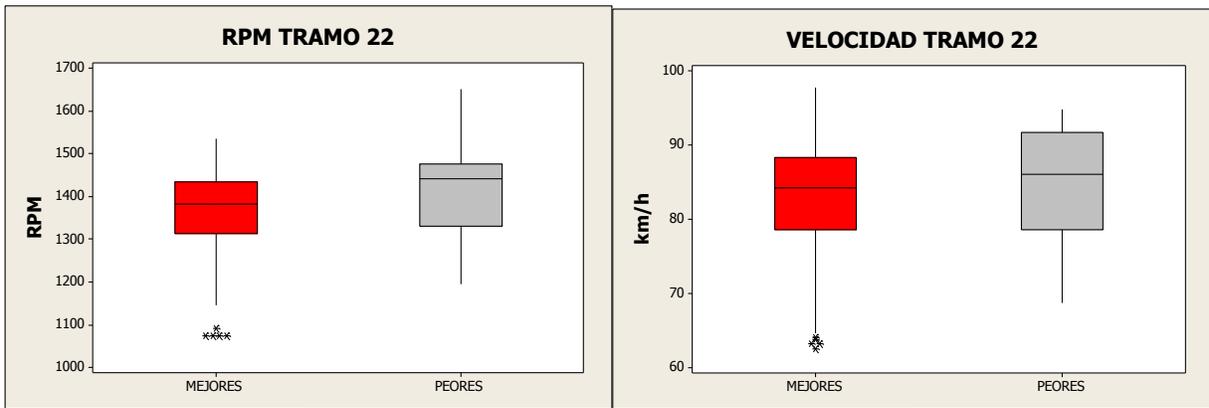
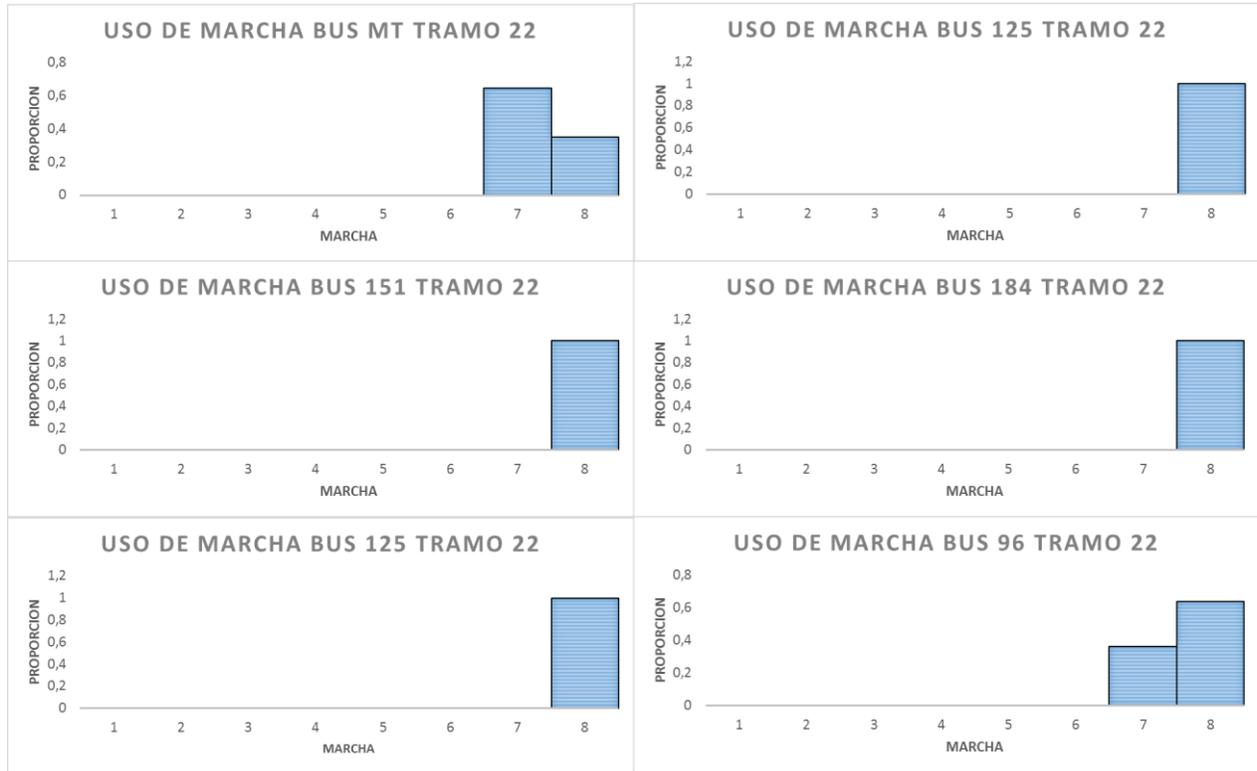


TRAMO 22



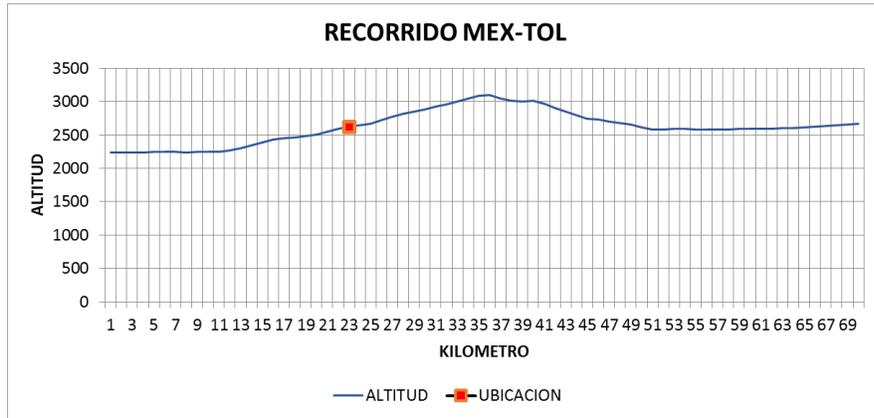
	MEJORES			PEORES		
Bus	MT	151	125	6	184	96
SFC	0,60	0,62	0,62	0,70	0,77	0,80



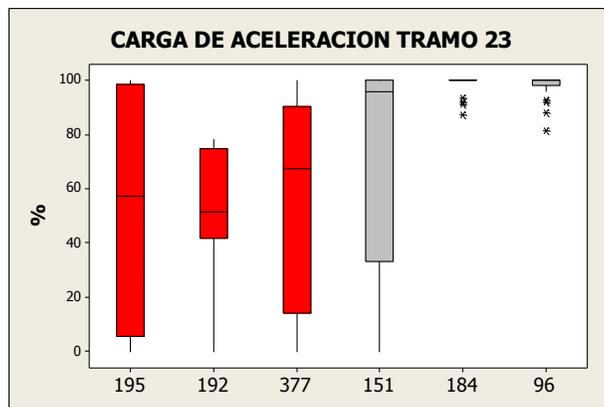
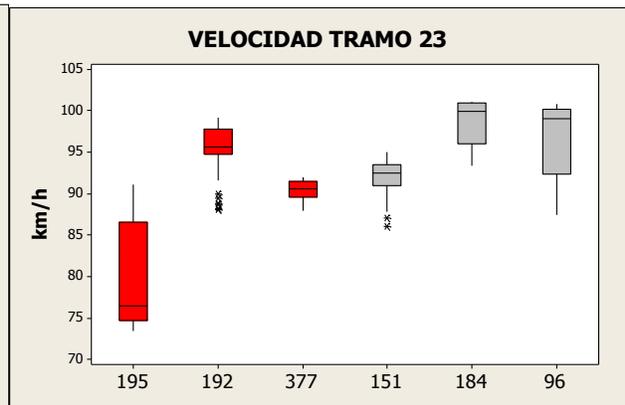
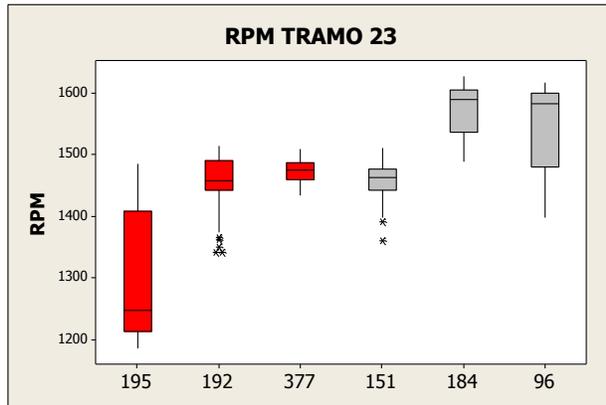


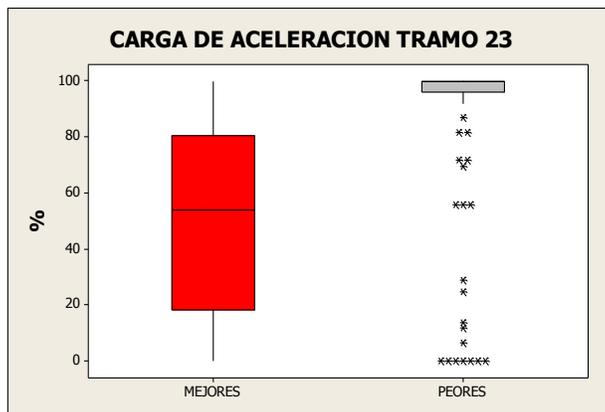
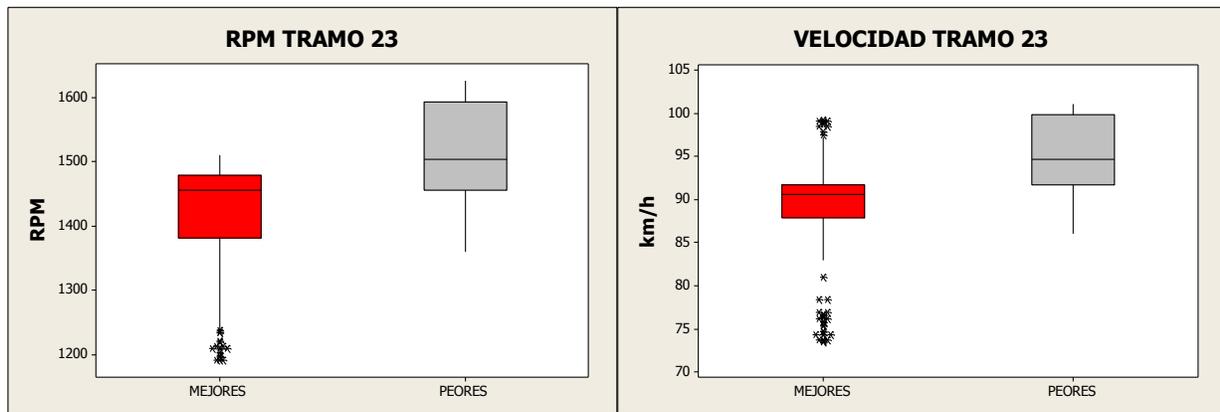
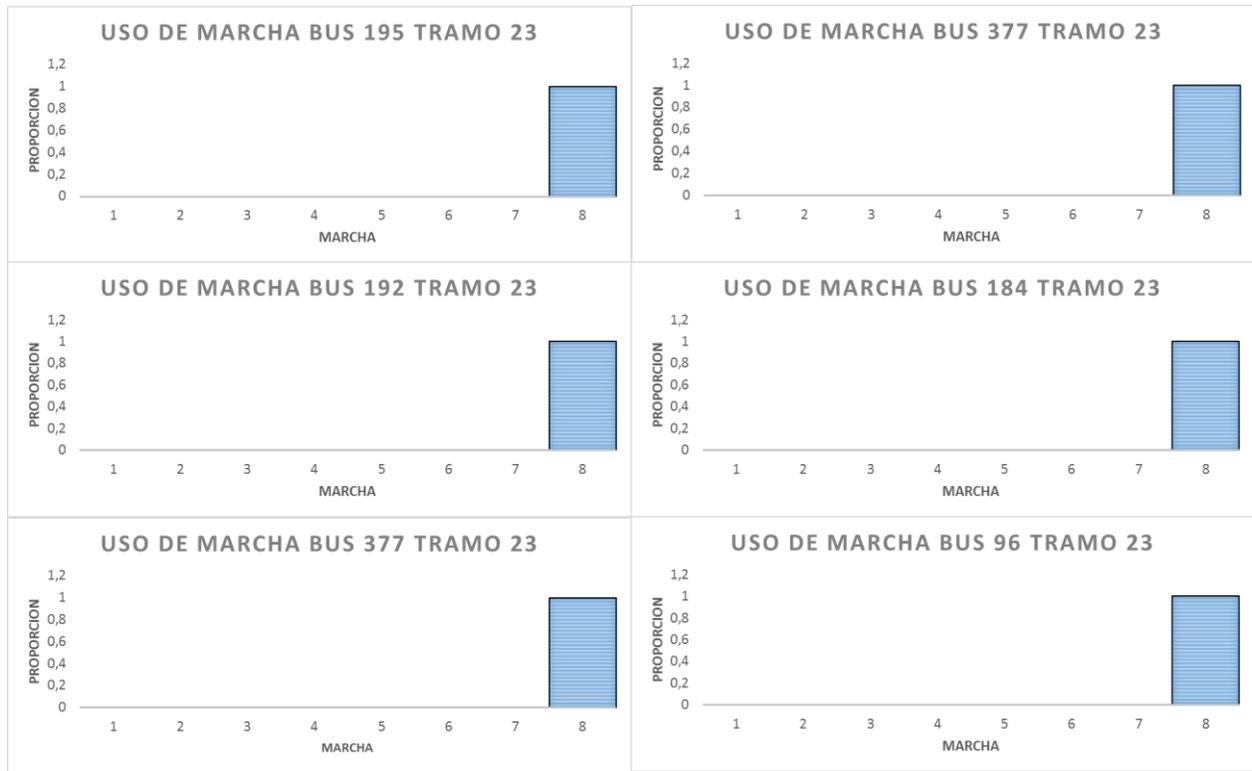


TRAMO 23



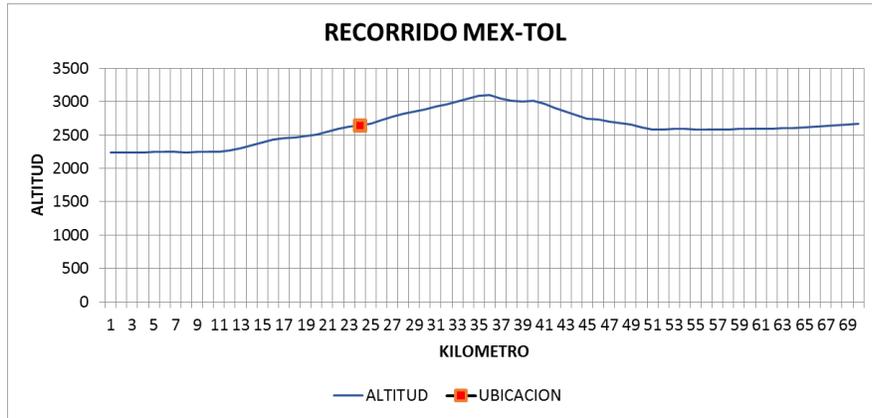
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	195	192	377	151	184	96
<b>SFC</b>	0,49	0,50	0,52	0,63	0,73	0,74



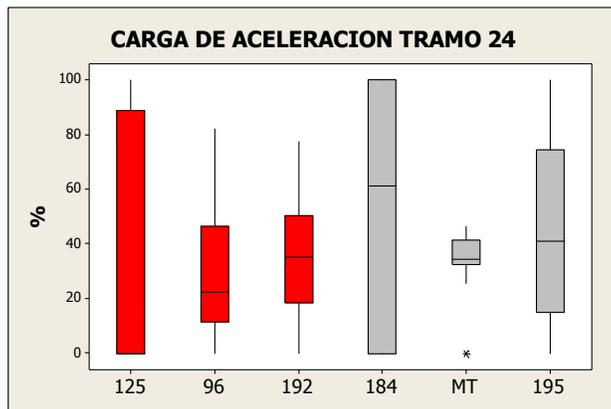
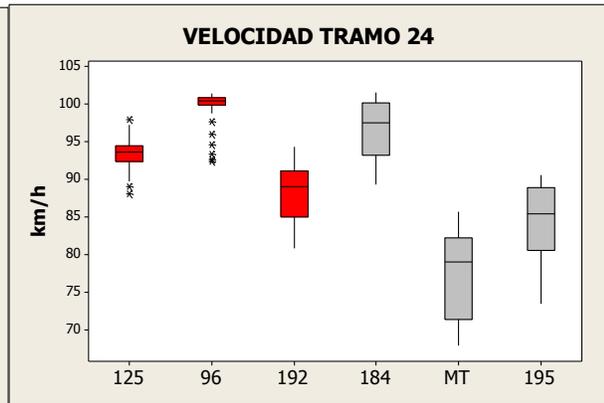
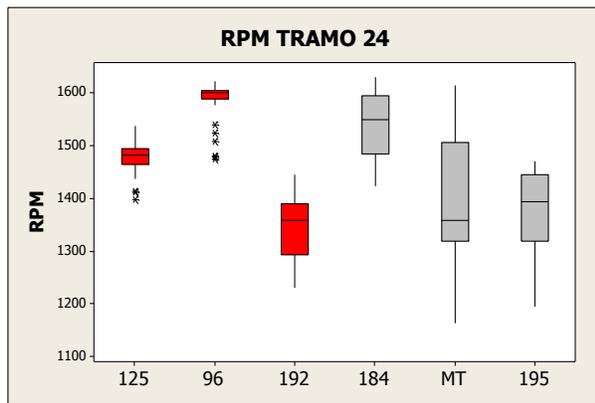


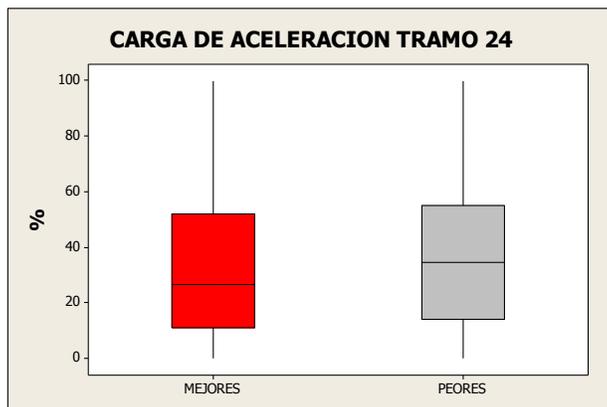
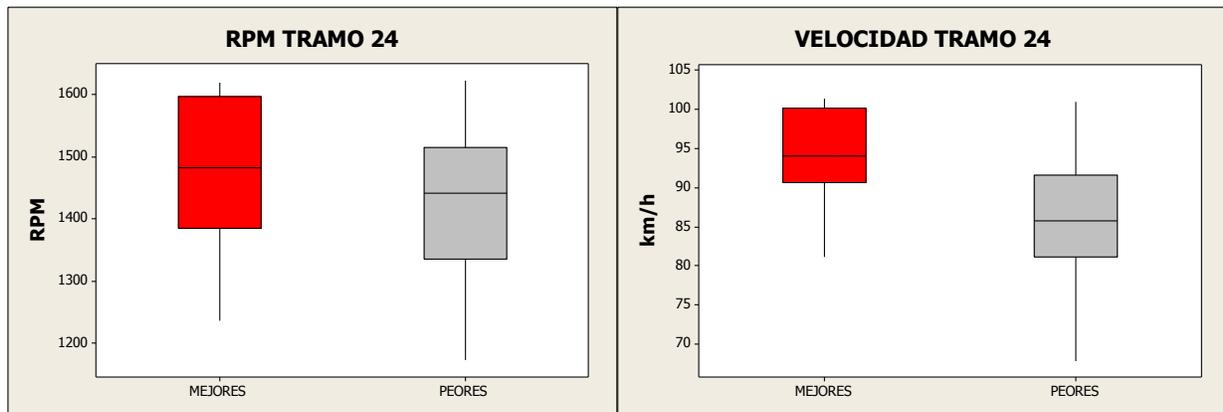
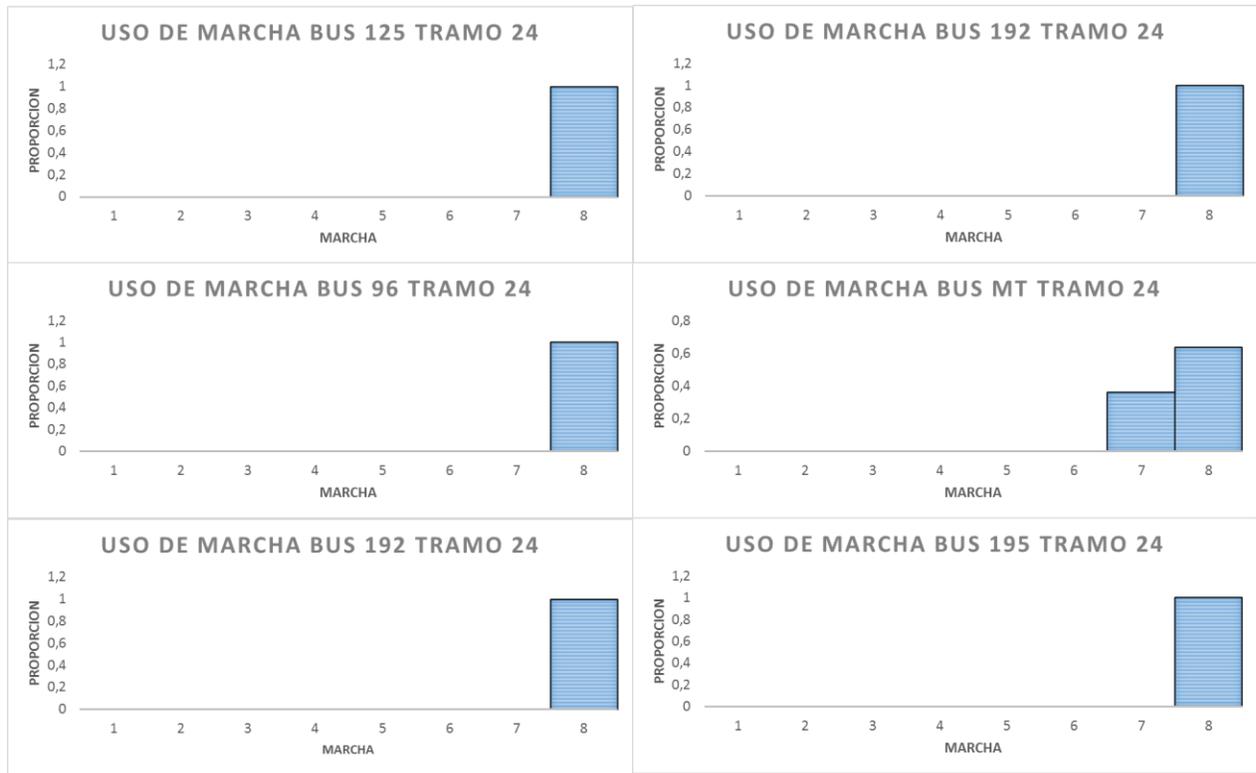


TRAMO 24



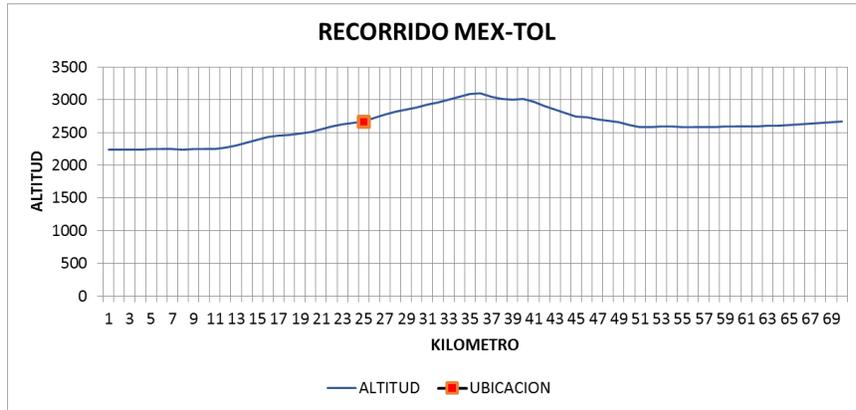
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	125	96	192	184	MT	195
<b>SFC</b>	0,29	0,31	0,31	0,35	0,42	0,44



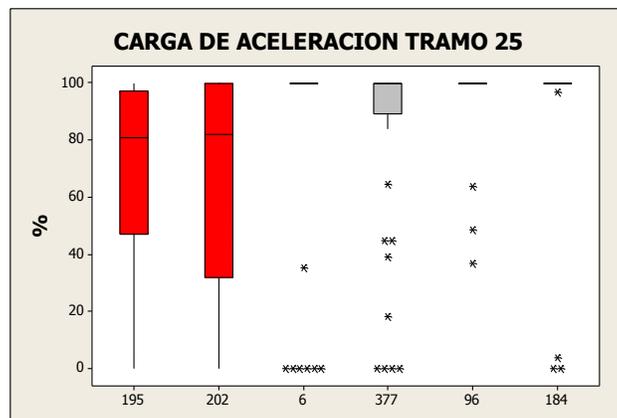
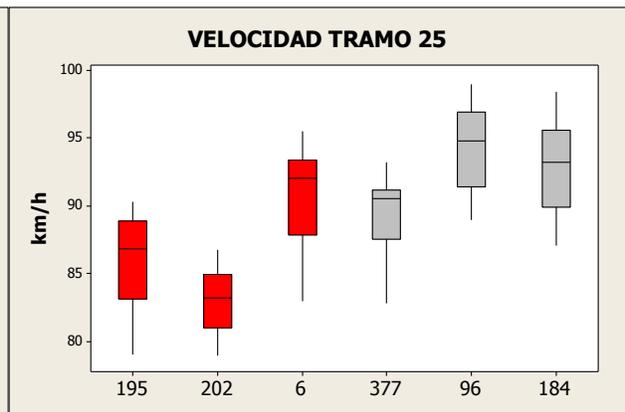
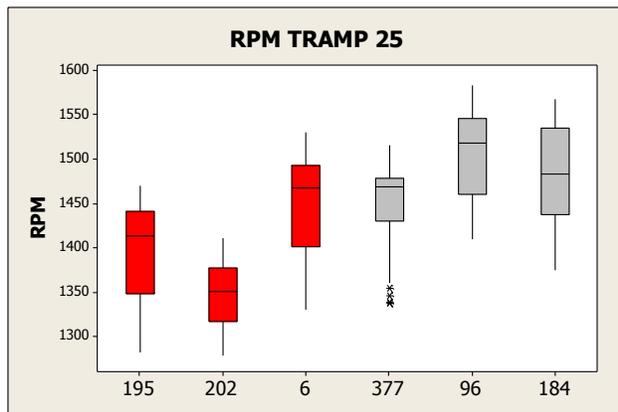


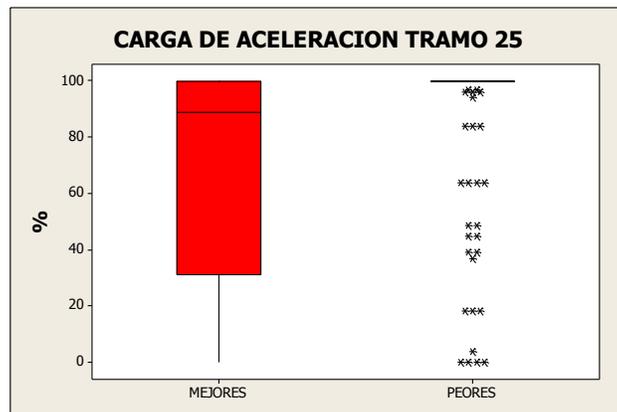
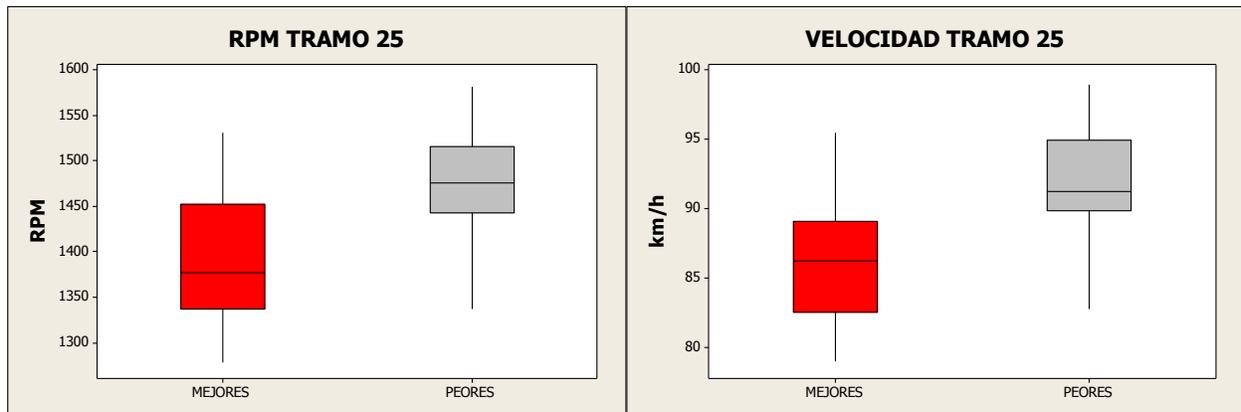
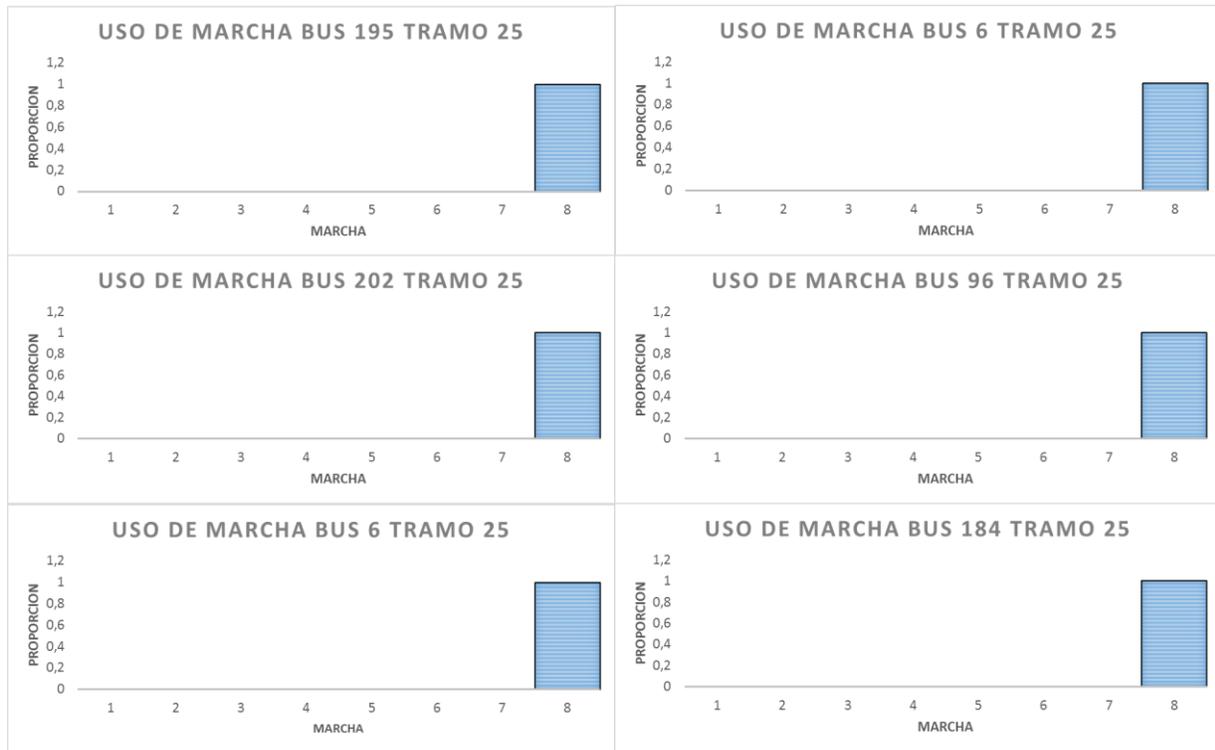


TRAMO 25



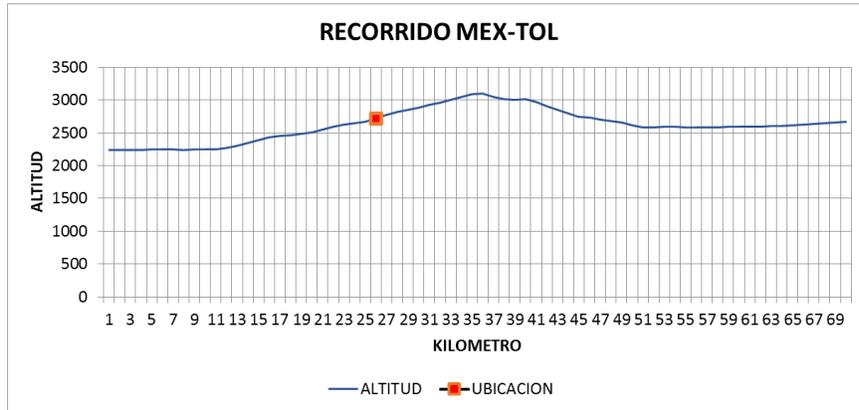
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	195	202	6	377	96	184
<b>SFC</b>	0,58	0,60	0,63	0,67	0,70	0,70



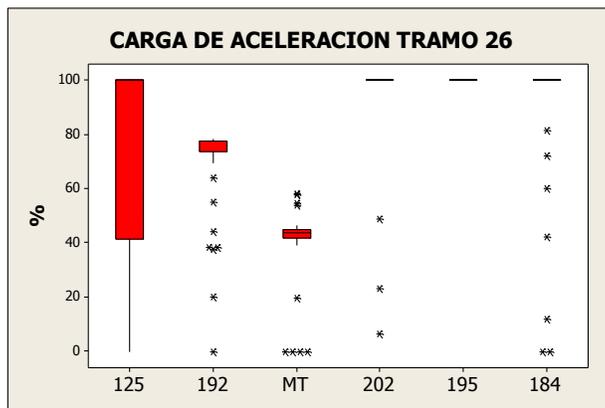
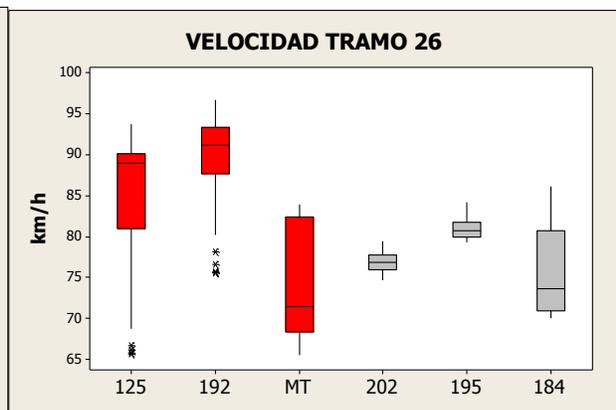
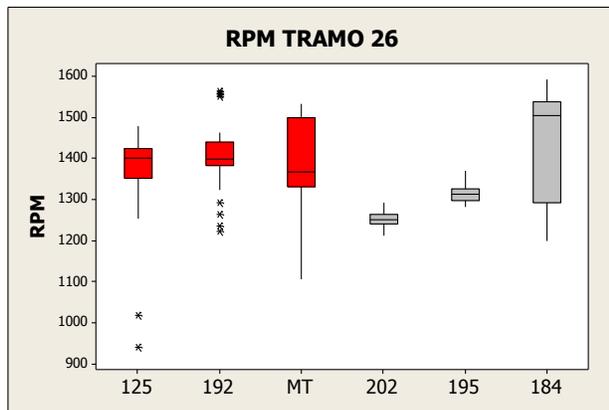


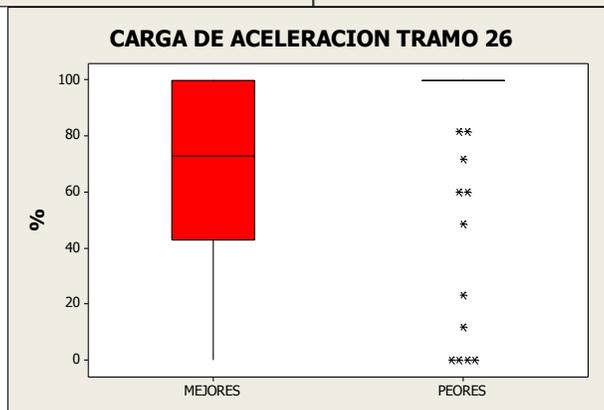
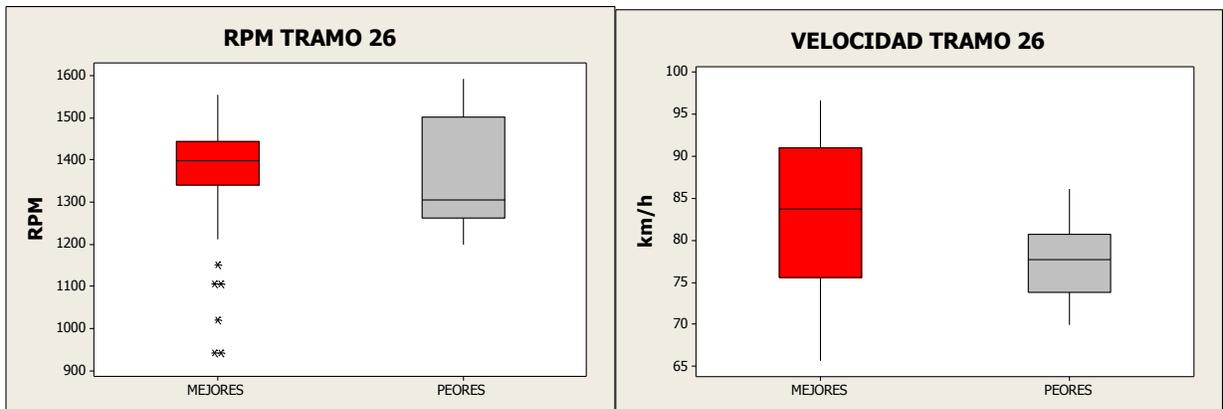
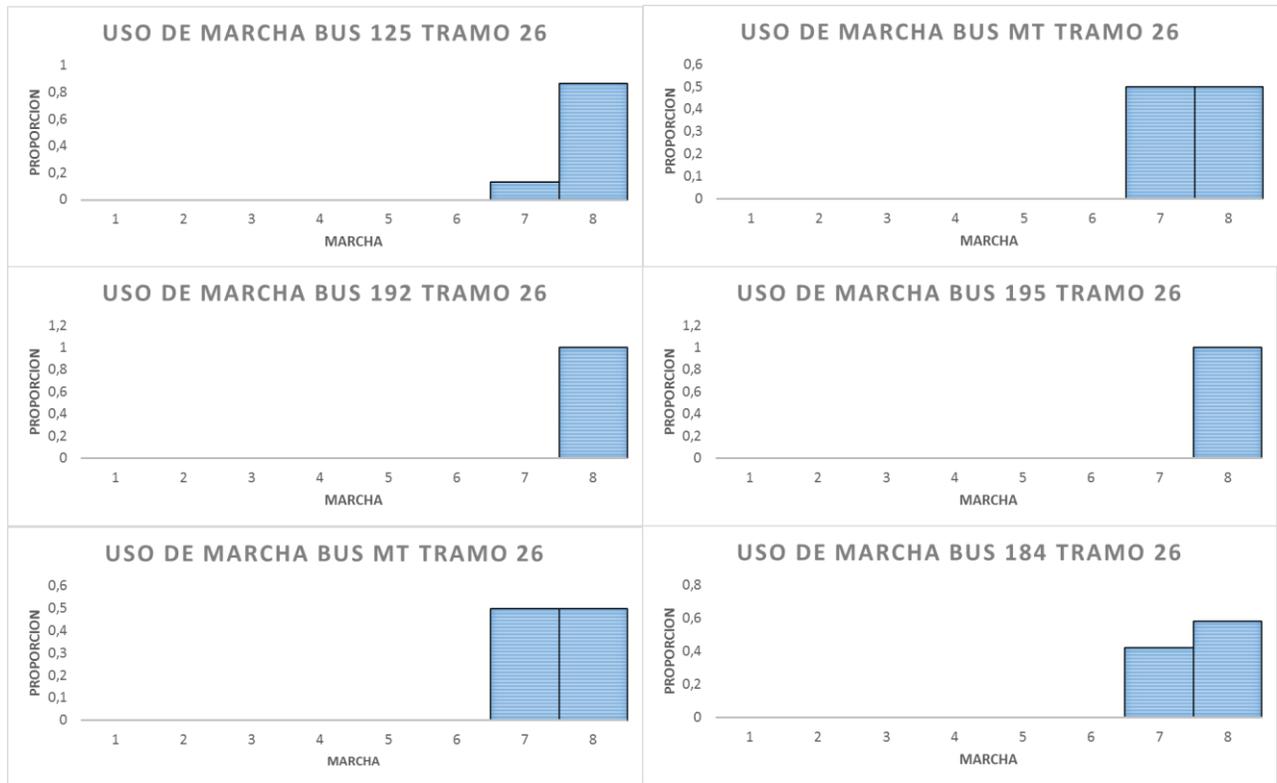


TRAMO 26



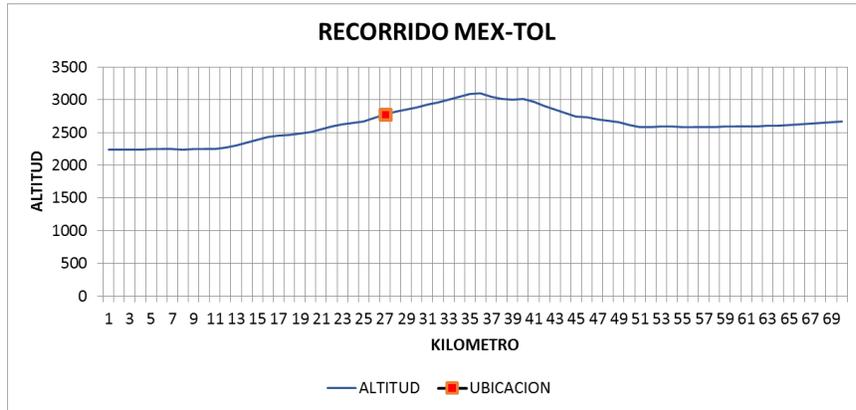
	MEJORES			PEORES		
Bus	125	192	MT	202	195	184
SFC	0,62	0,68	0,71	0,78	0,79	0,82



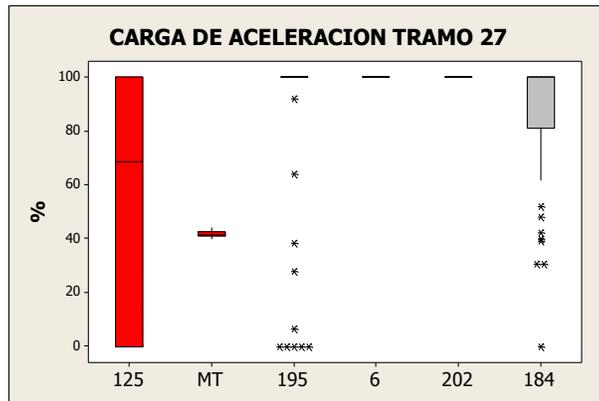
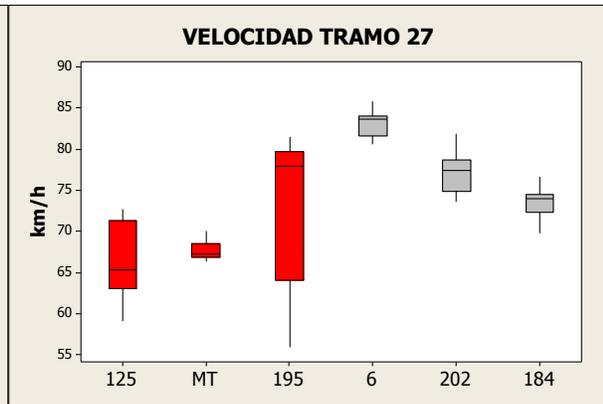
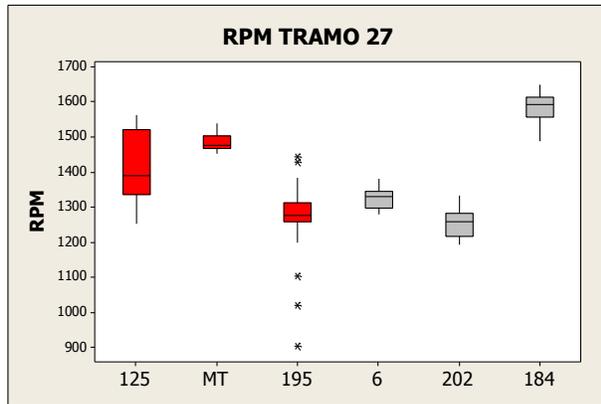


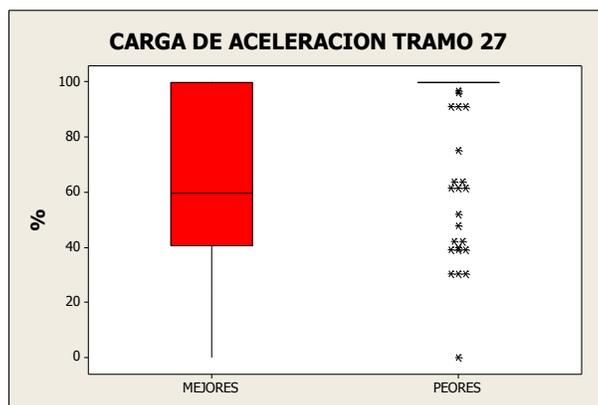
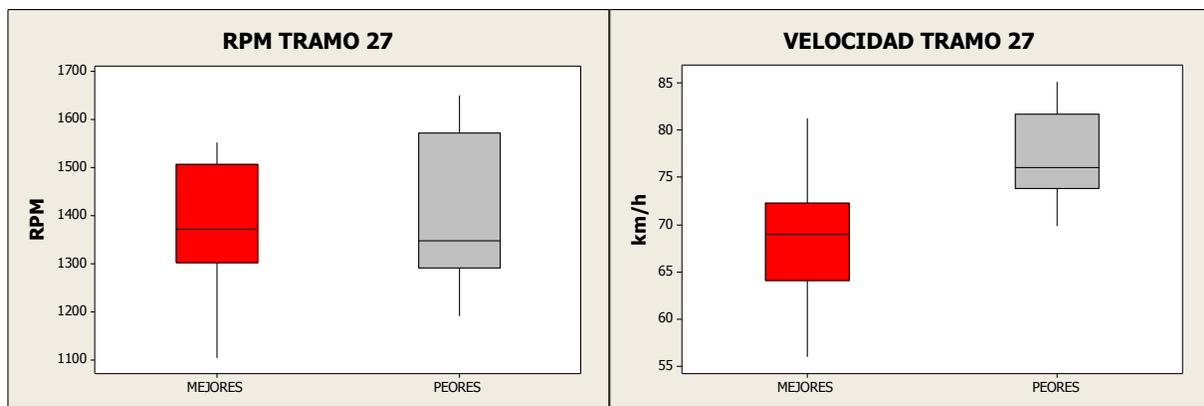
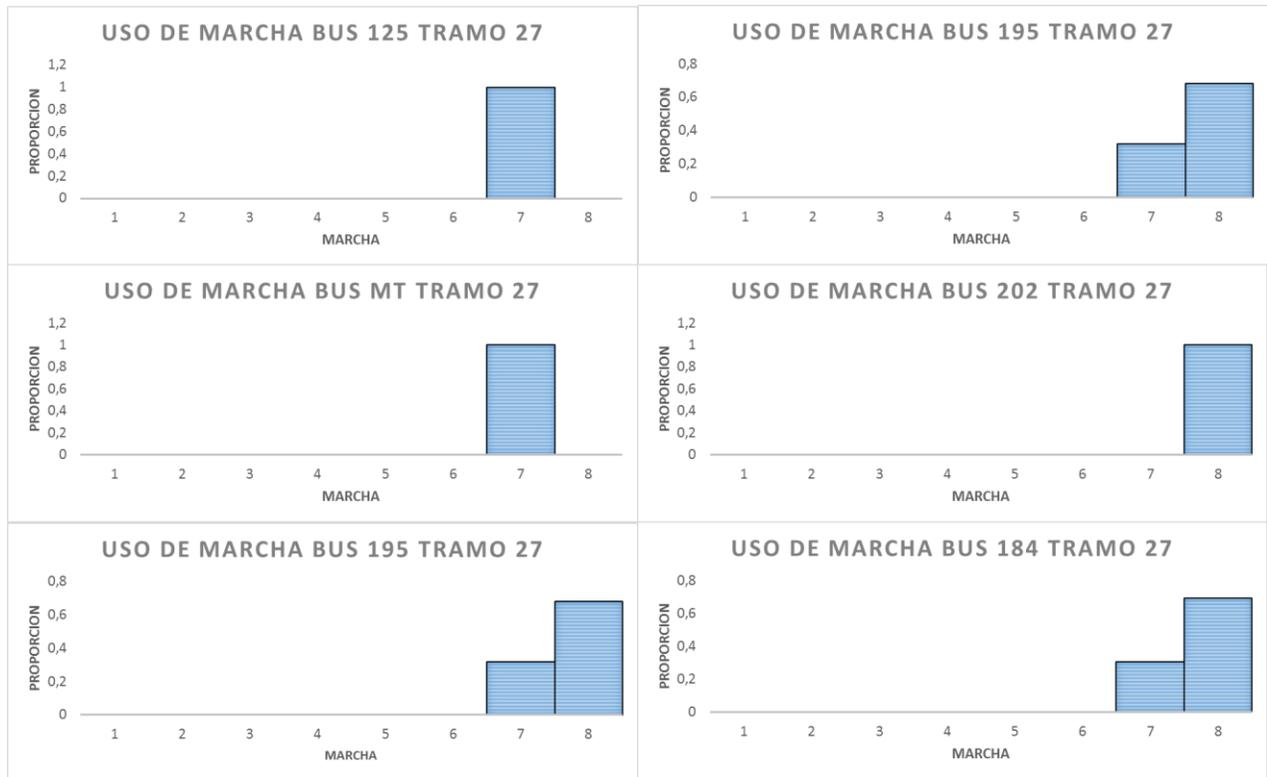


TRAMO 27



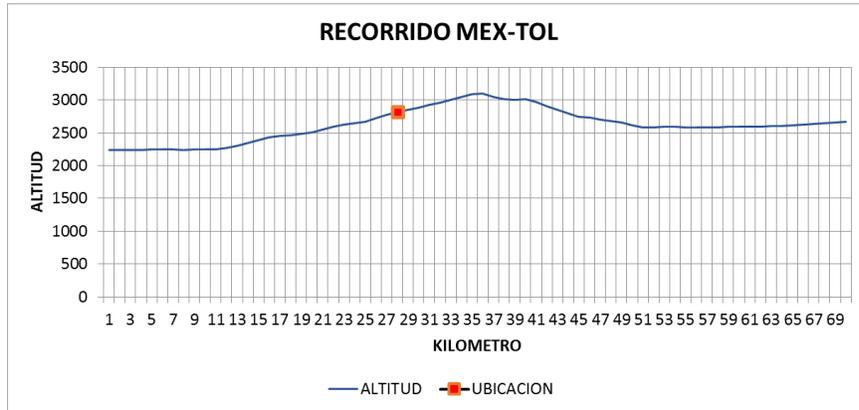
	MEJORES			PEORES		
Bus	125	MT	195	6	202	184
SFC	0,64	0,73	0,73	0,77	0,78	0,89



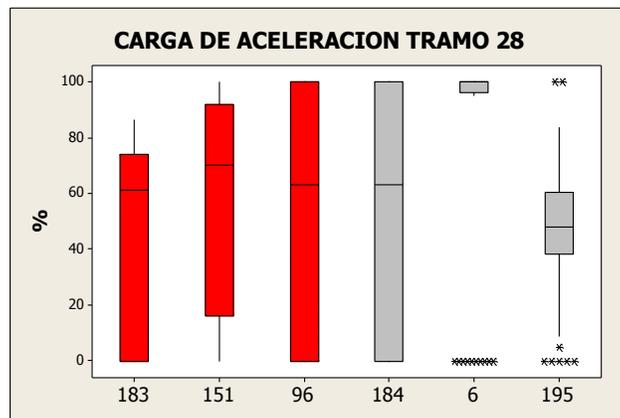
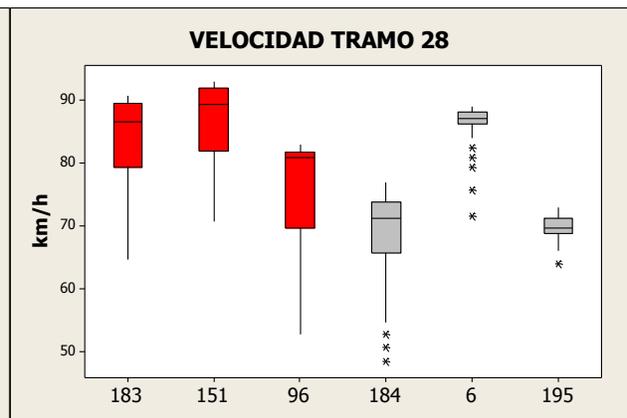
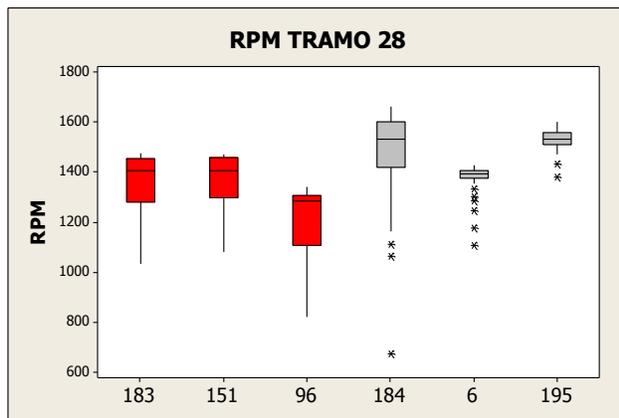


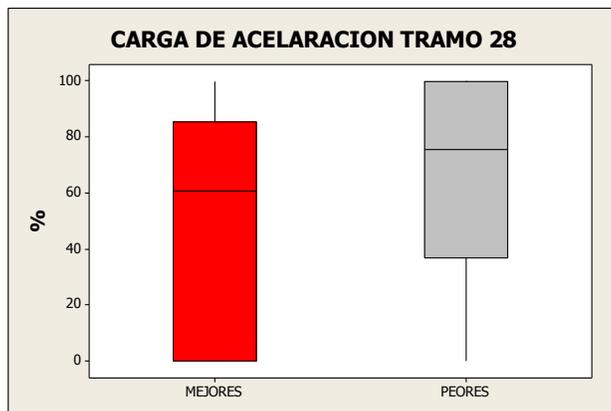
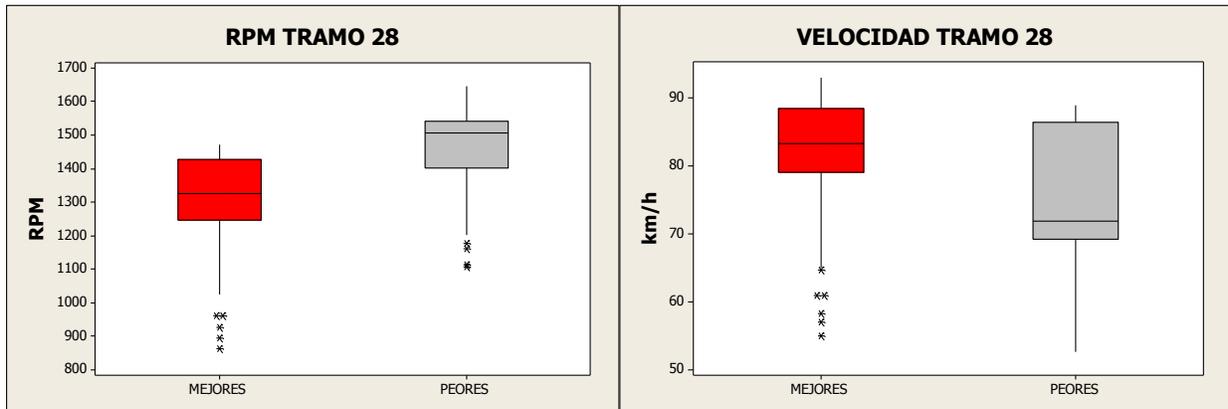
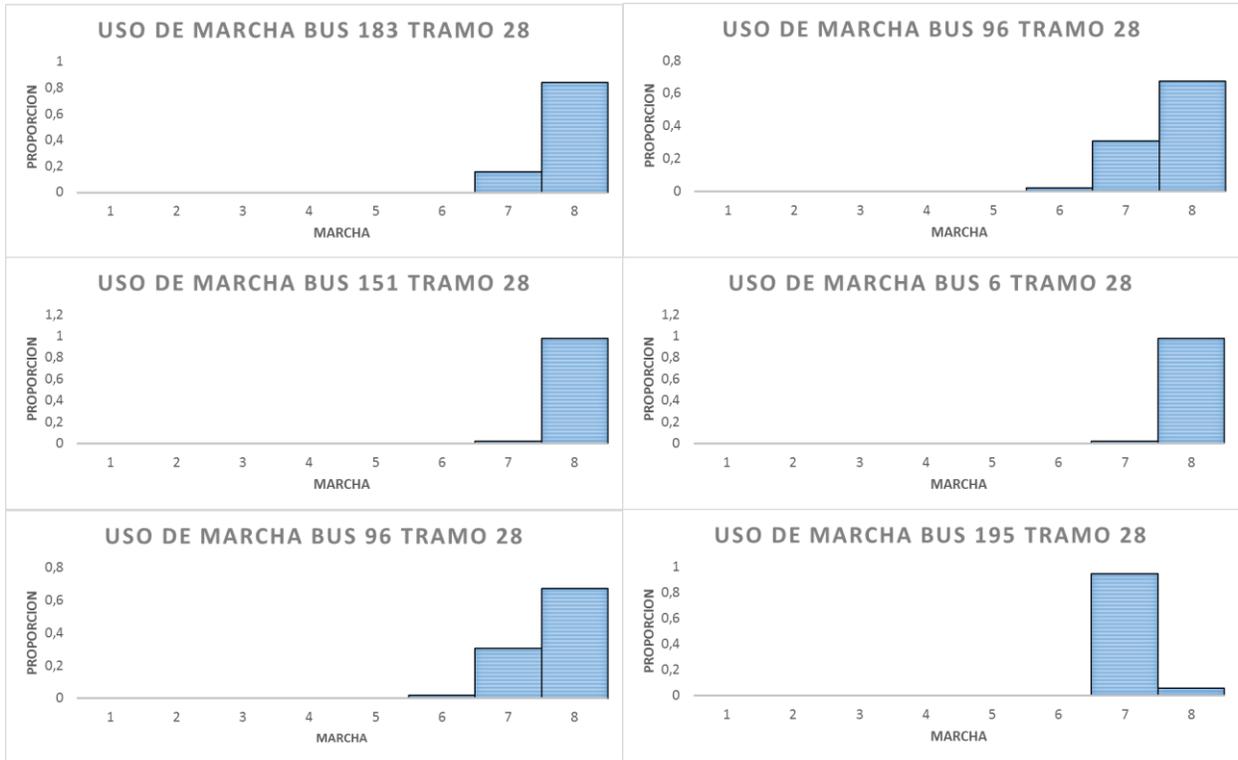


TRAMO 28



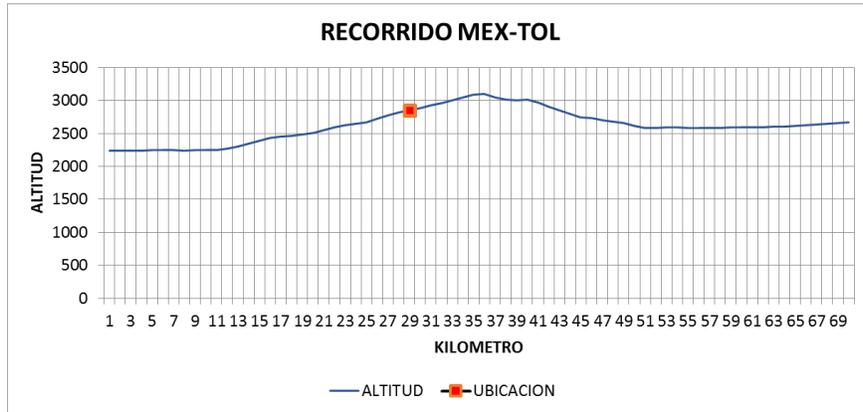
	MEJORES			PEORES		
Bus	183	151	96	184	6	195
SFC	0,47	0,50	0,51	0,61	0,62	0,65



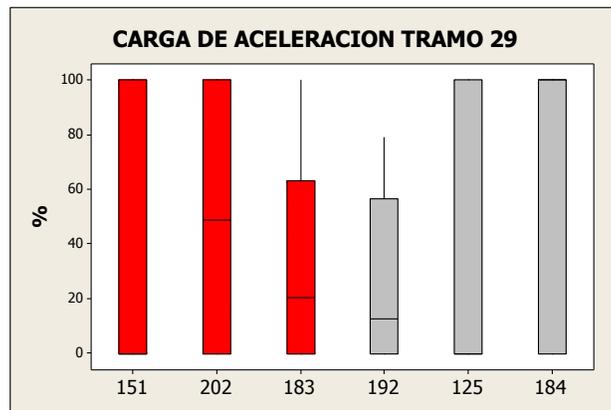
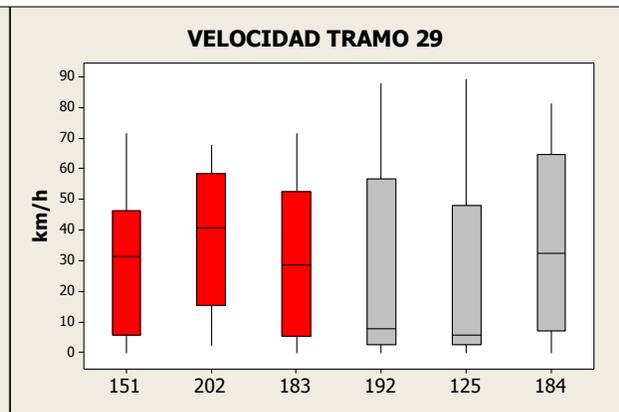
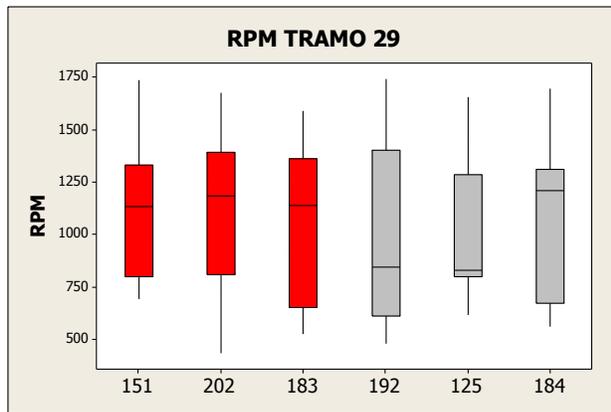


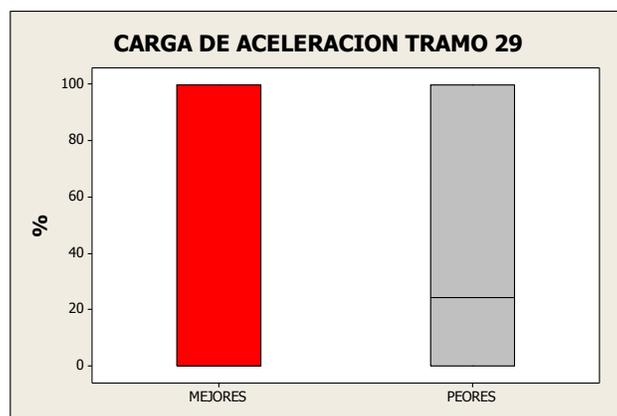
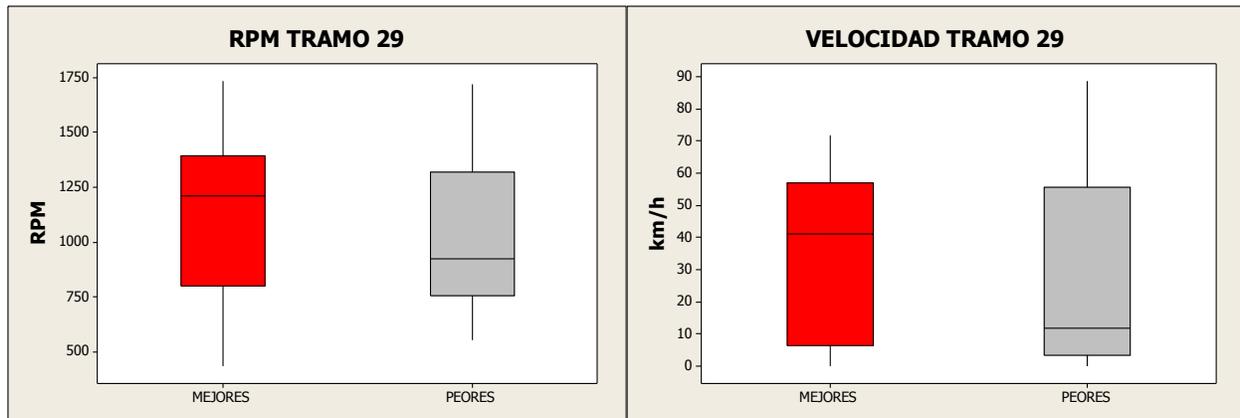
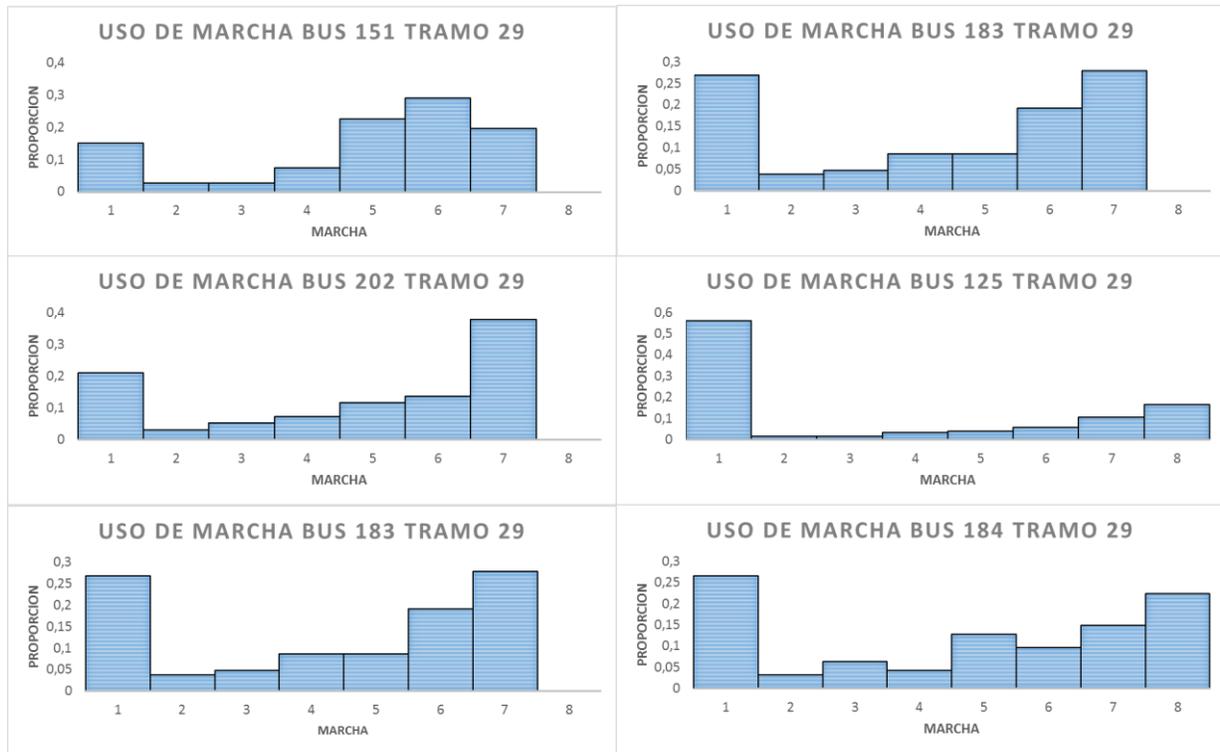


TRAMO 29



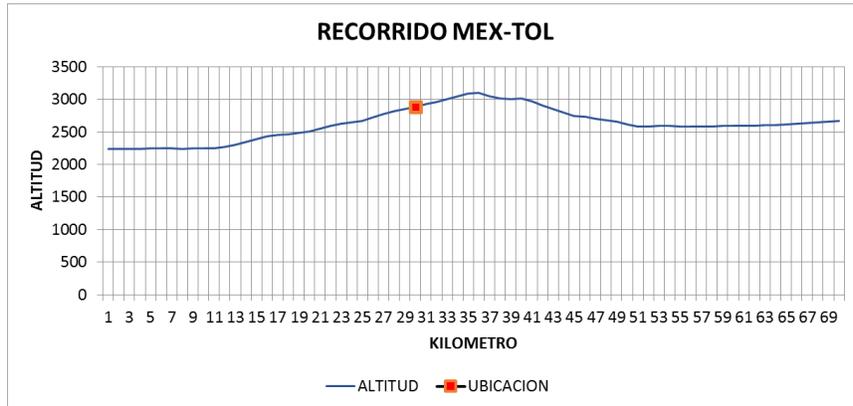
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	151	202	183	192	125	184
<b>SFC</b>	0,58	0,63	0,63	0,80	0,80	0,84



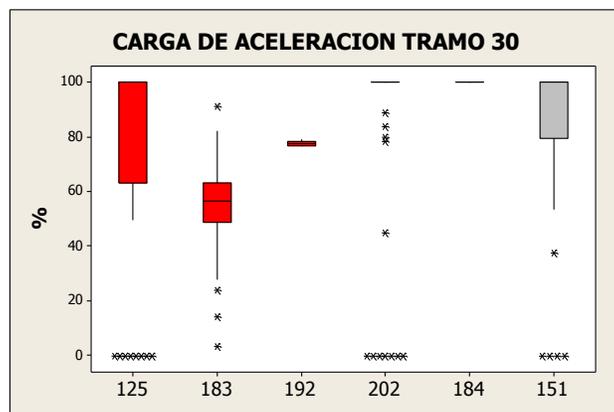
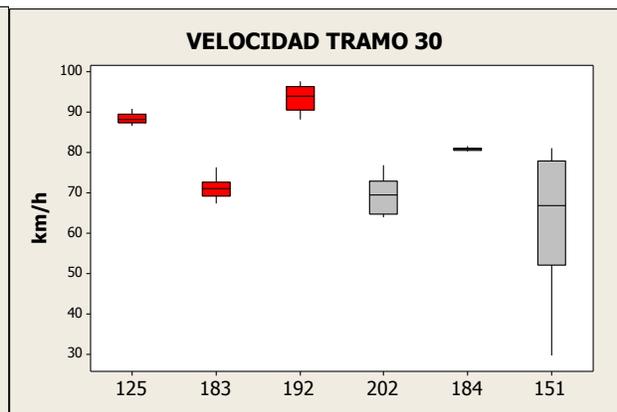
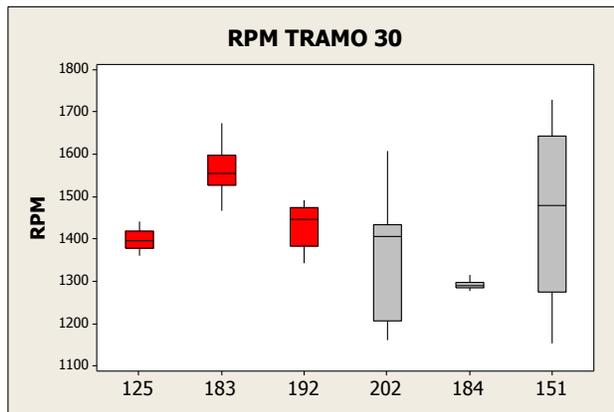


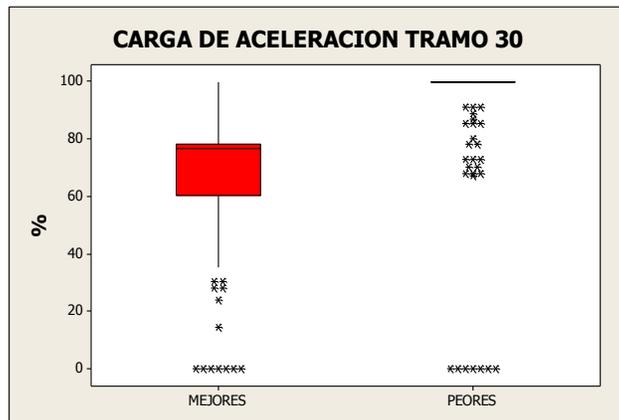
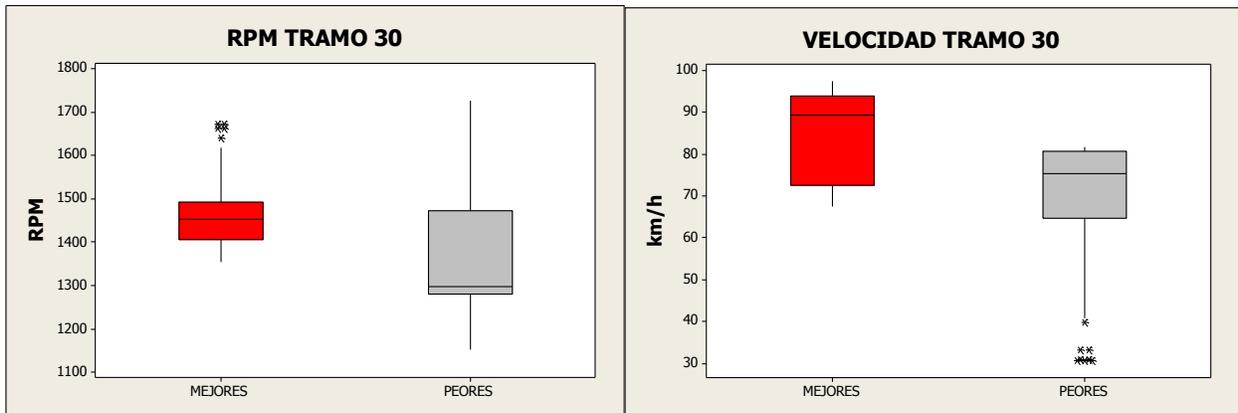
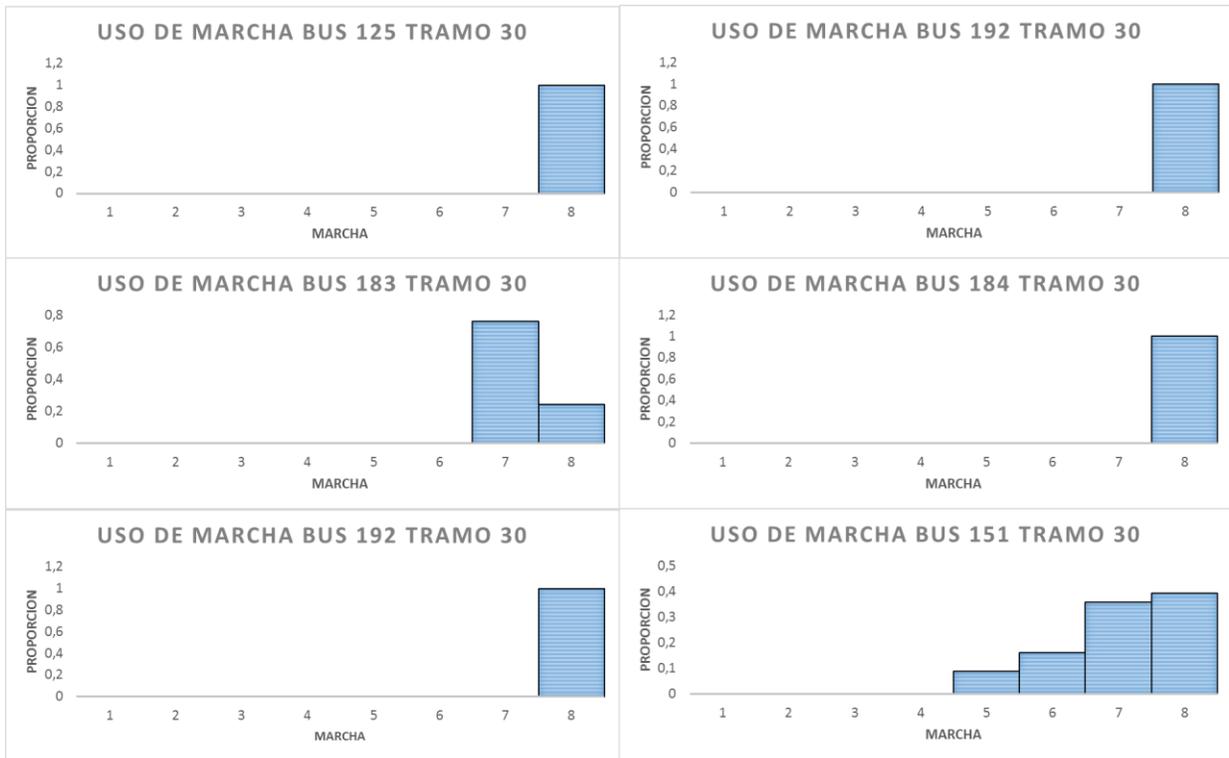


TRAMO 30



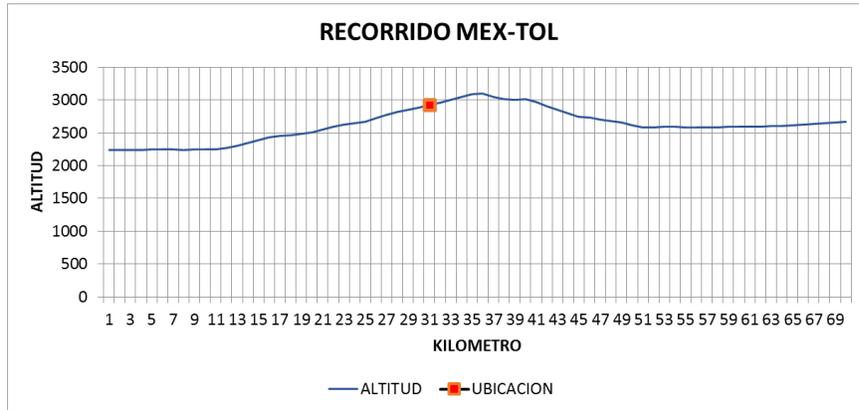
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	125	183	192	202	184	151
<b>SFC</b>	0,63	0,68	0,71	0,76	0,77	0,92



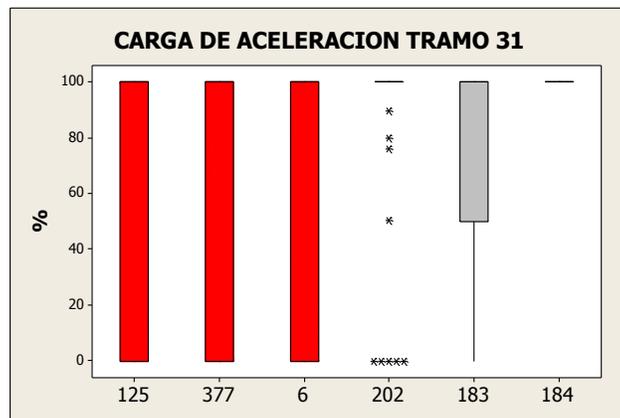
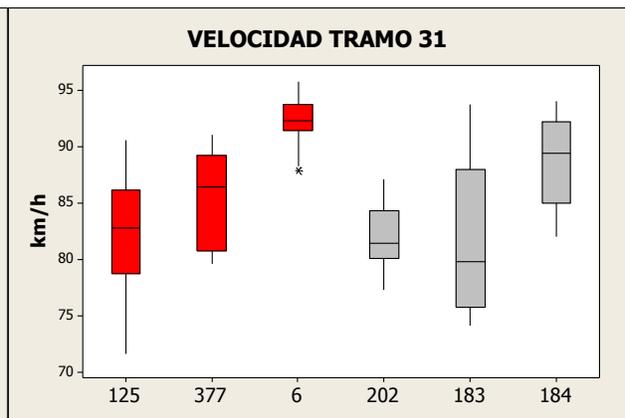
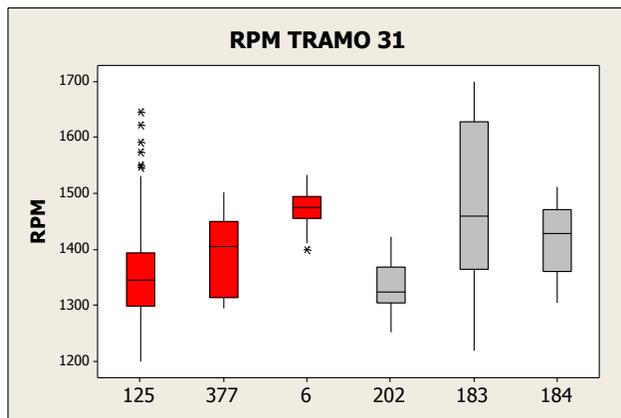


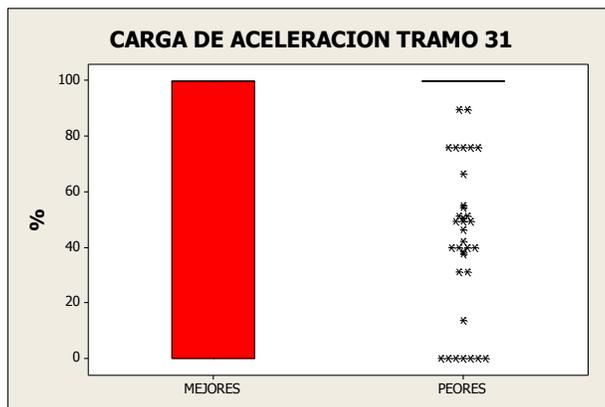
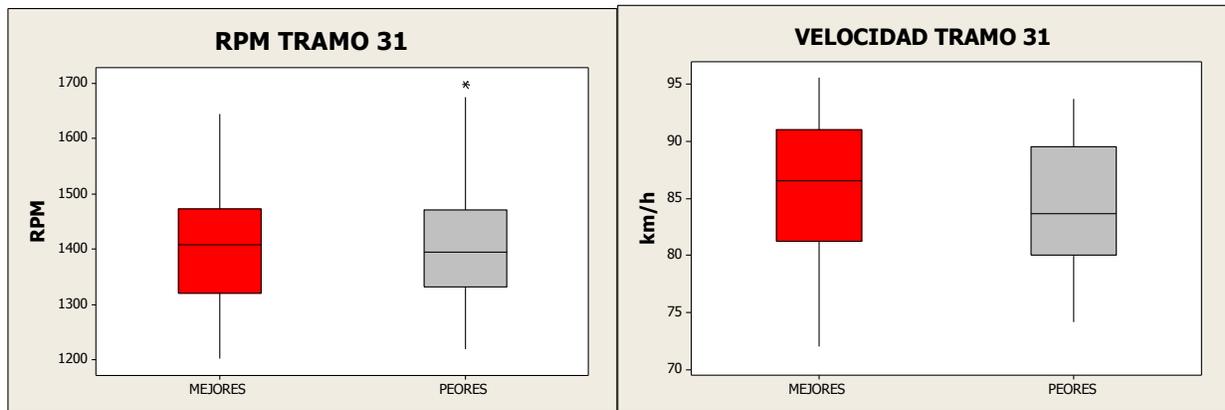
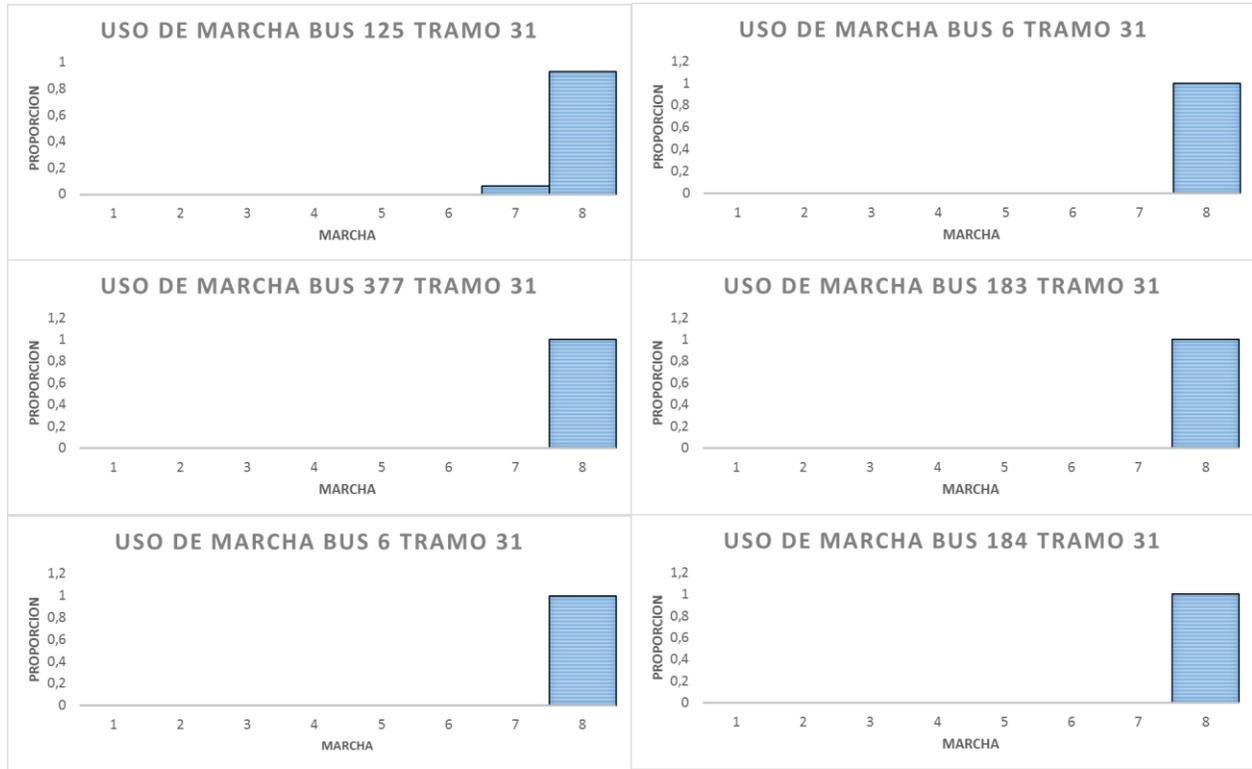


TRAMO 31



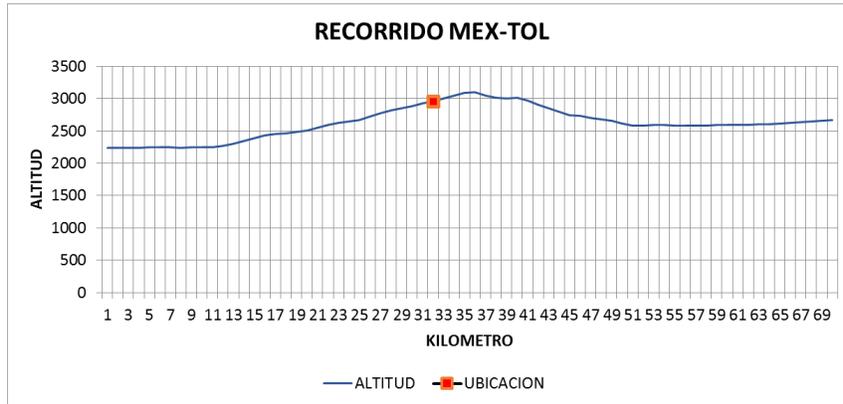
	MEJORES			PEORES		
Bus	125	377	6	202	183	184
SFC	0,45	0,50	0,57	0,66	0,69	0,75



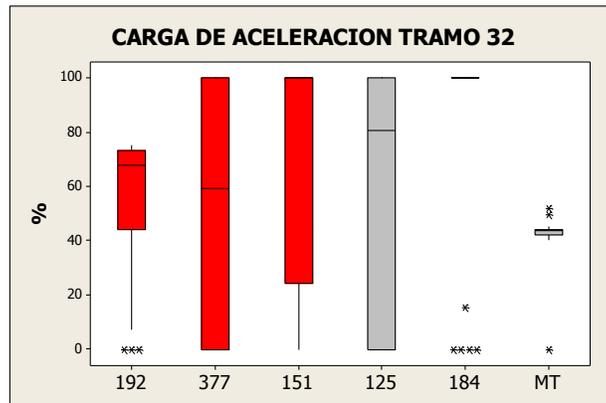
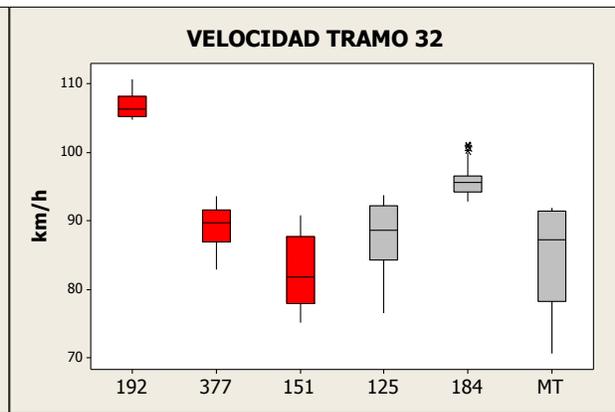
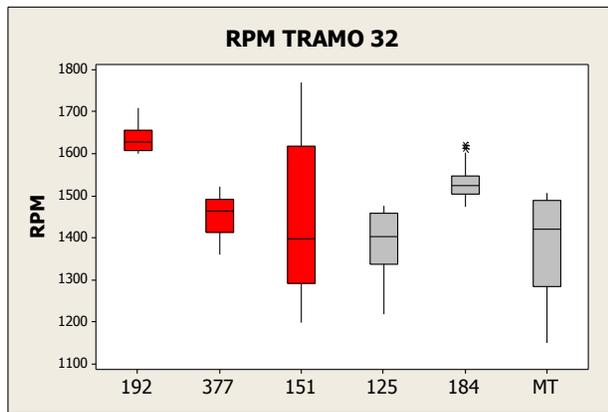


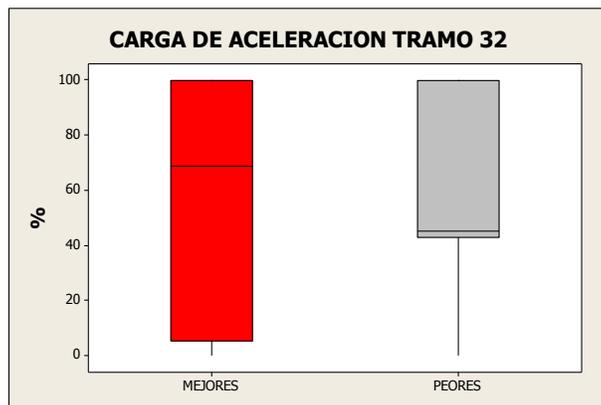
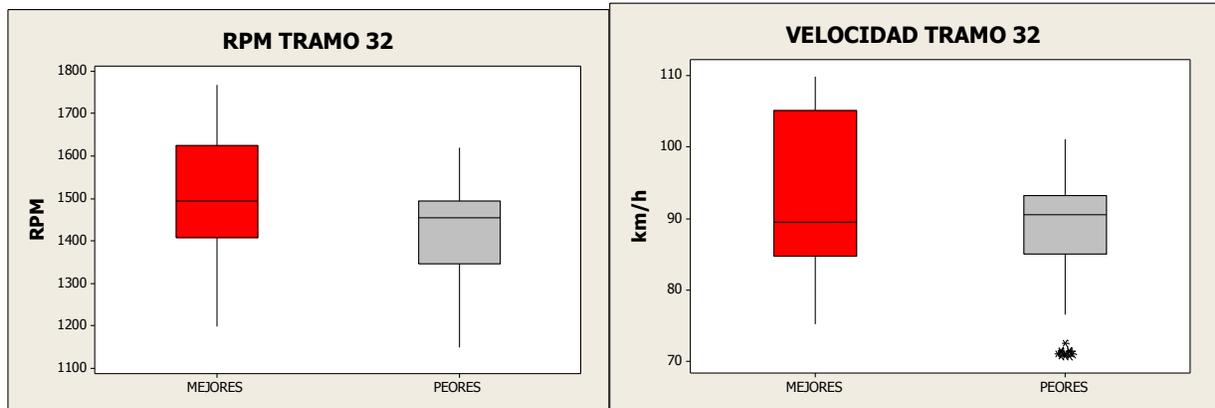
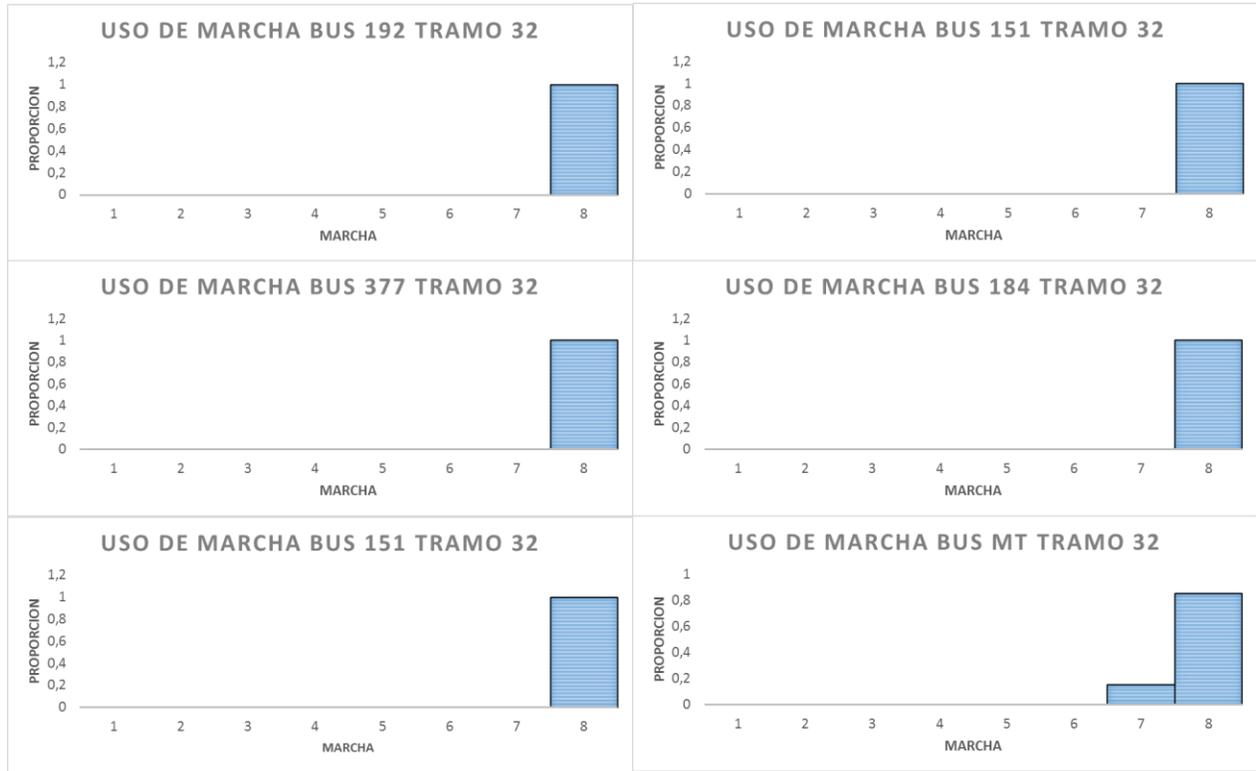


TRAMO 32



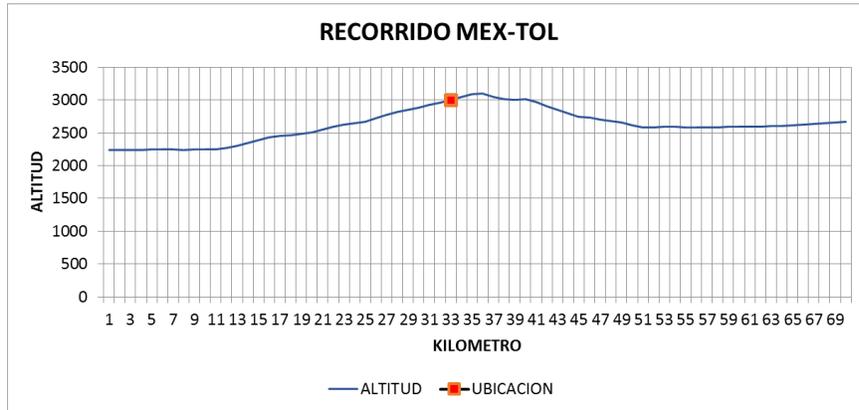
	MEJORES			PEORES		
Bus	192	377	151	125	184	MT
SFC	0,48	0,53	0,53	0,57	0,60	0,69



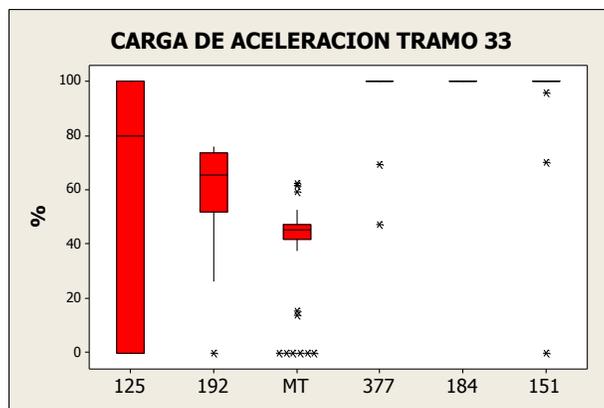
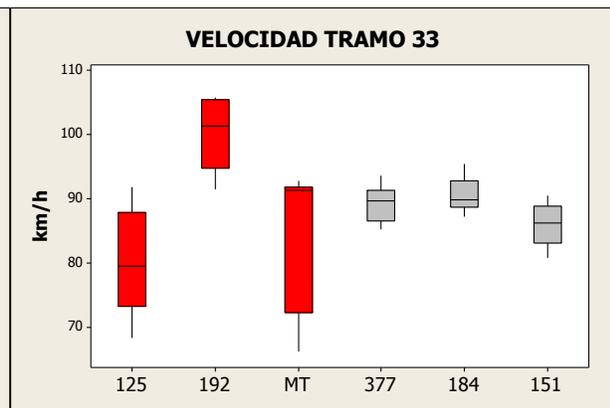
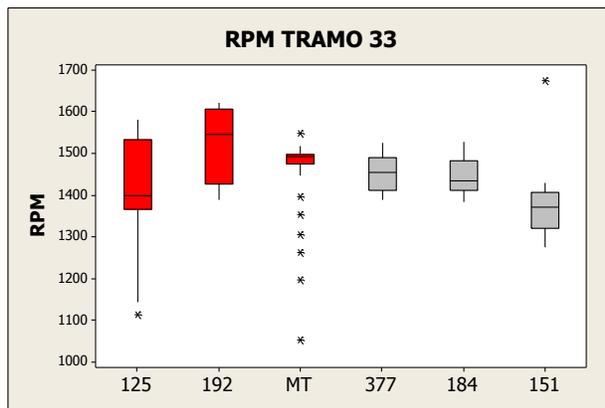


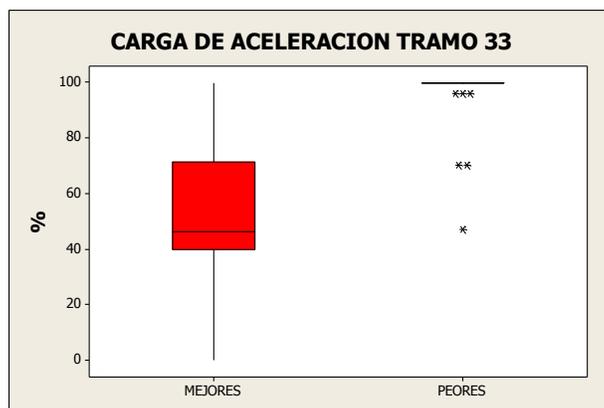
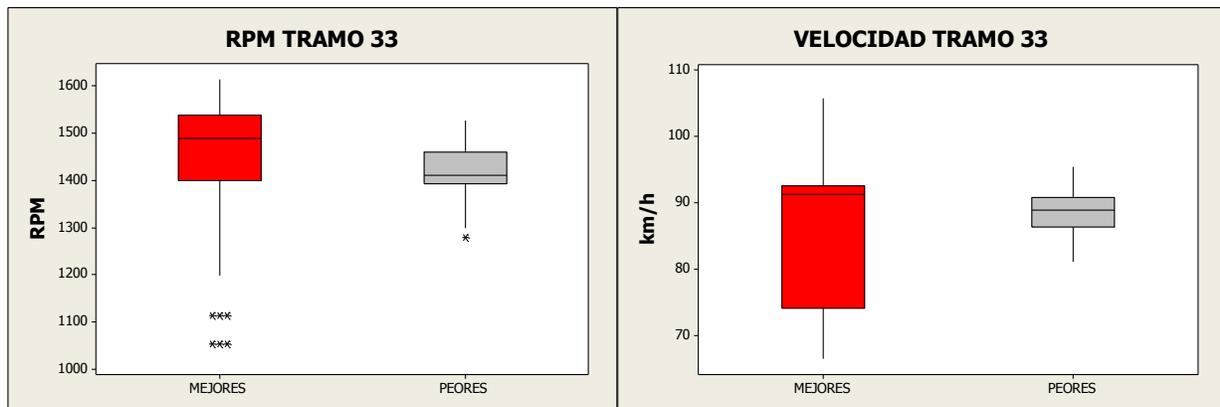
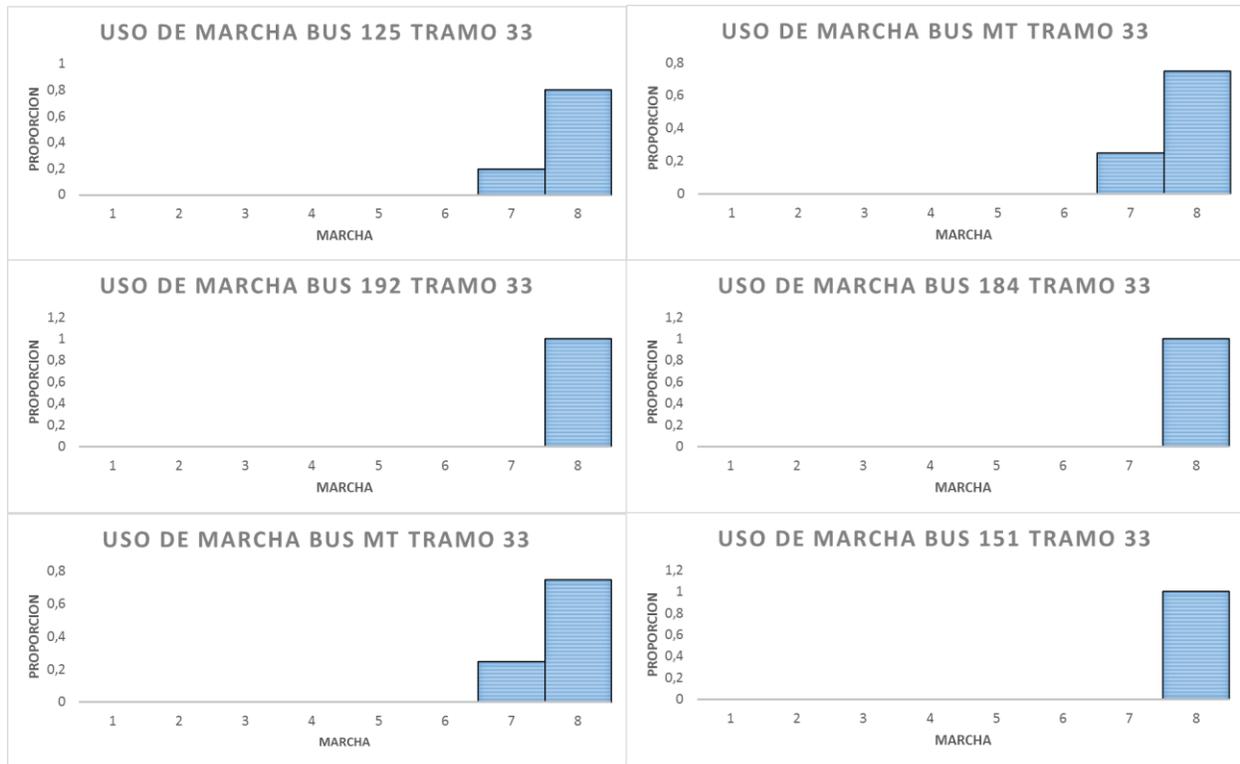


TRAMO 33



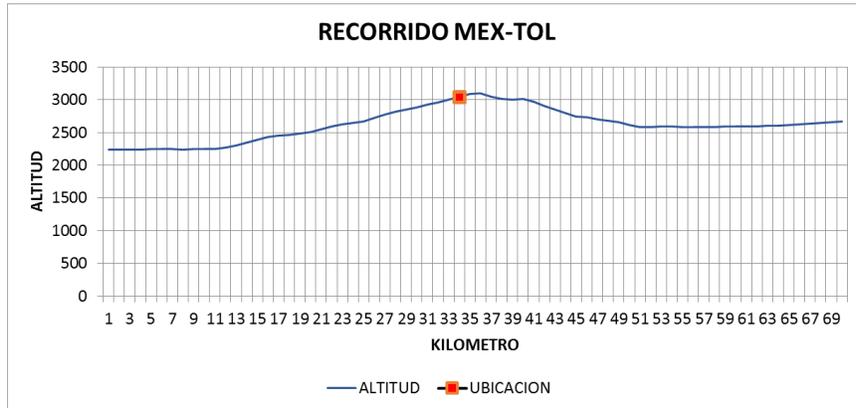
	MEJORES			PEORES		
Bus	125	192	MT	377	184	151
SFC	0,53	0,56	0,60	0,73	0,74	0,74



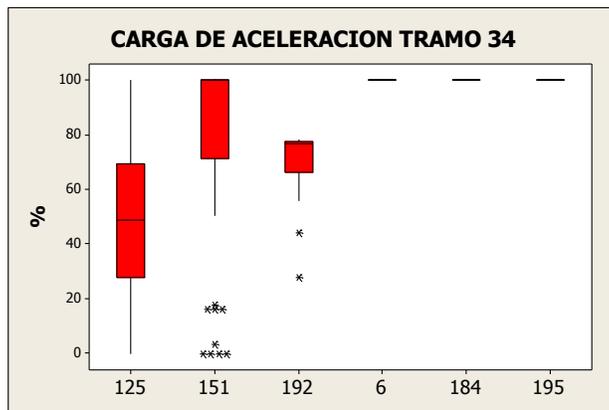
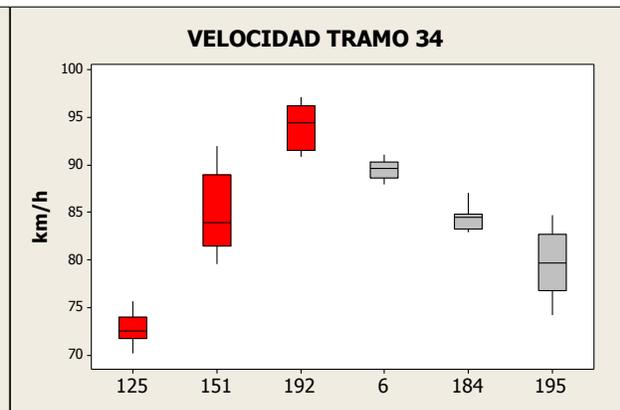
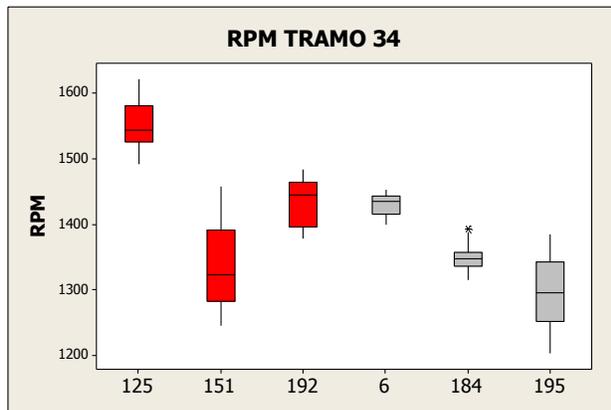


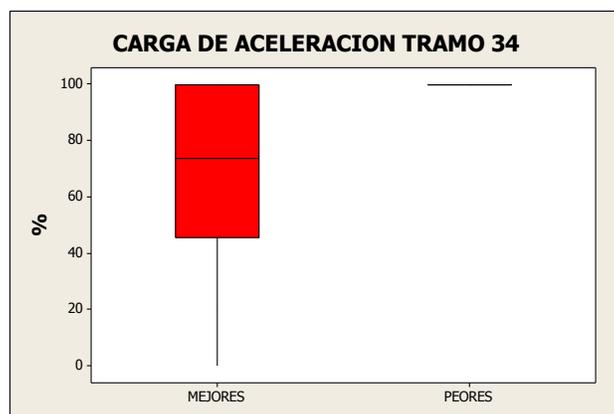
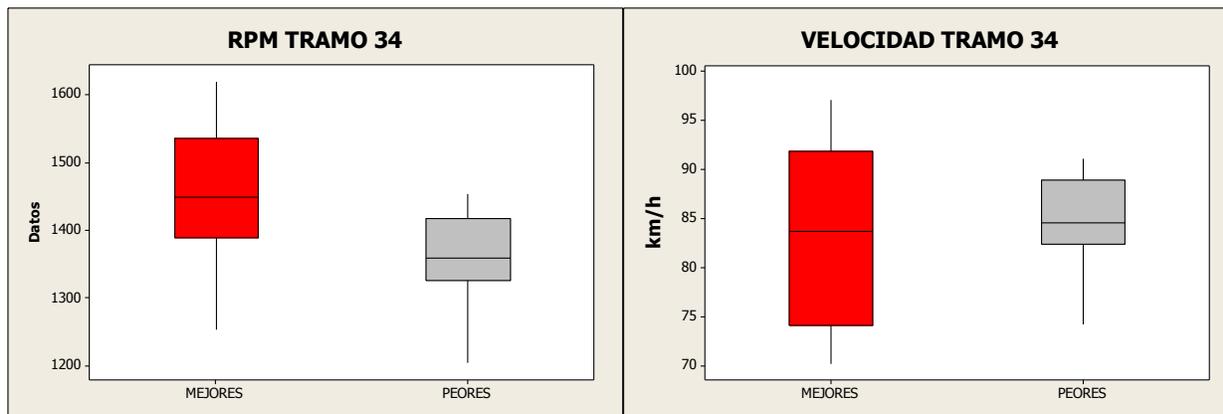
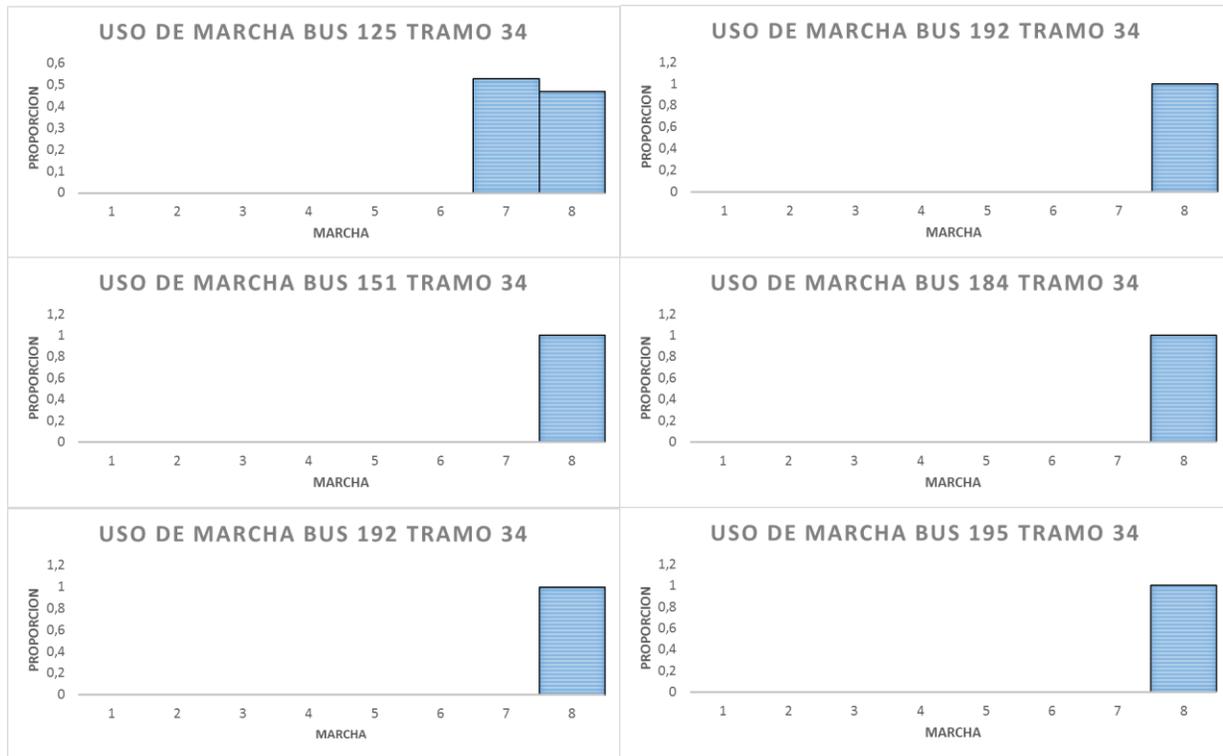


TRAMO 34



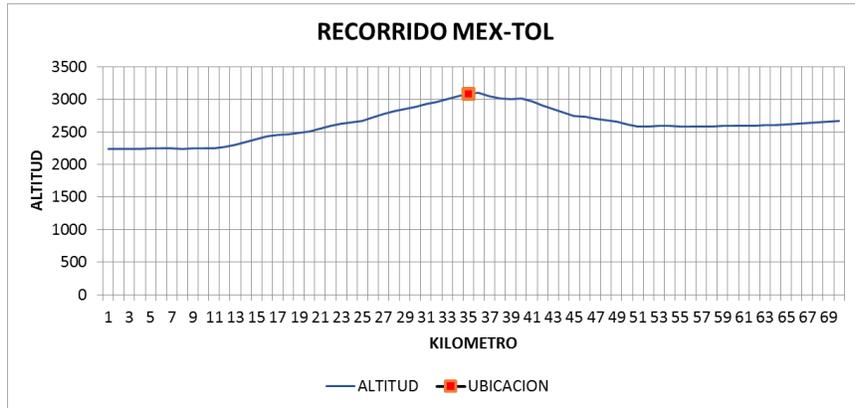
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	125	151	192	6	184	195
<b>SFC</b>	0,63	0,64	0,66	0,75	0,76	0,78



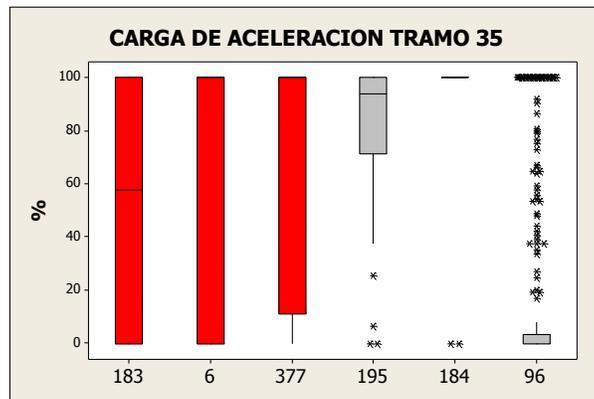
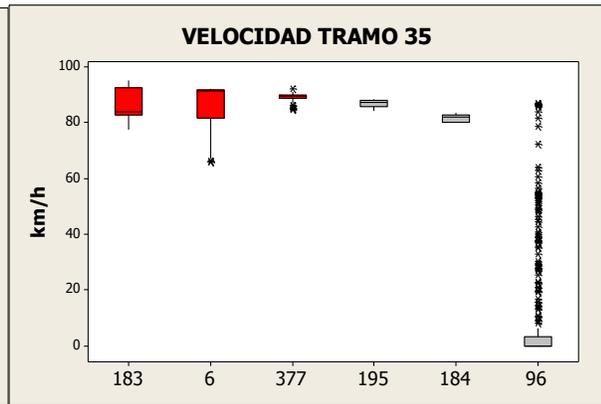
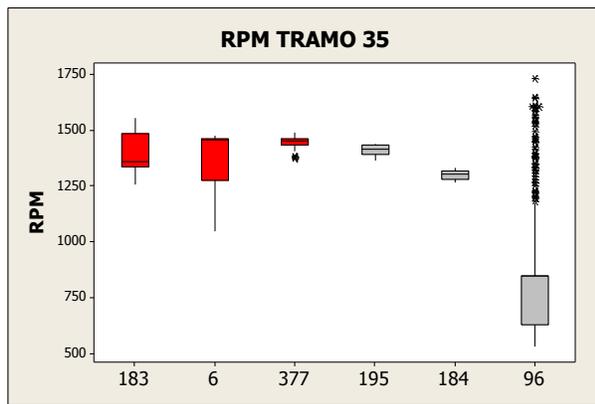


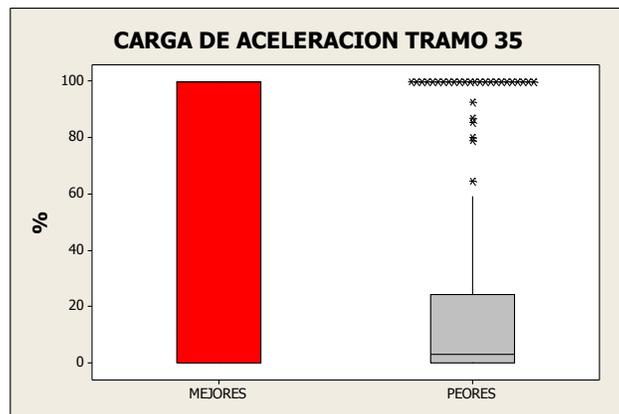
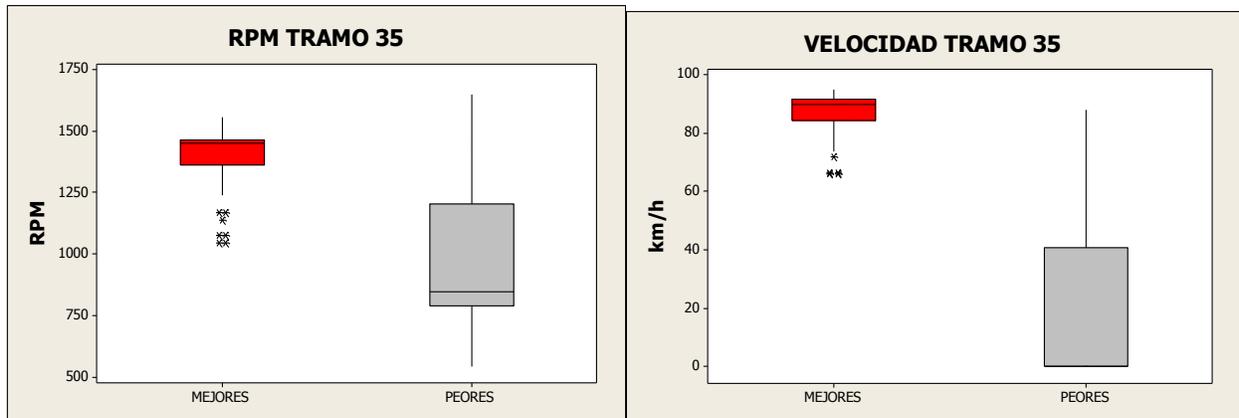
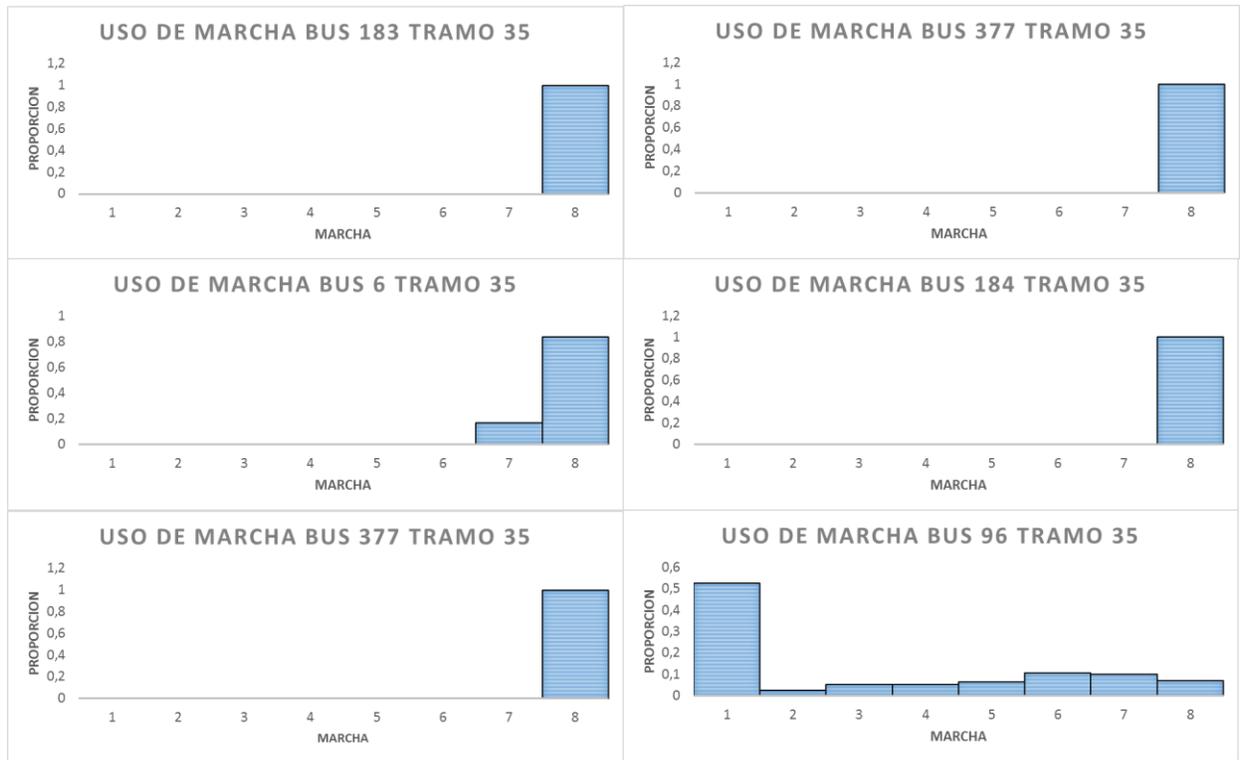


TRAMO 35



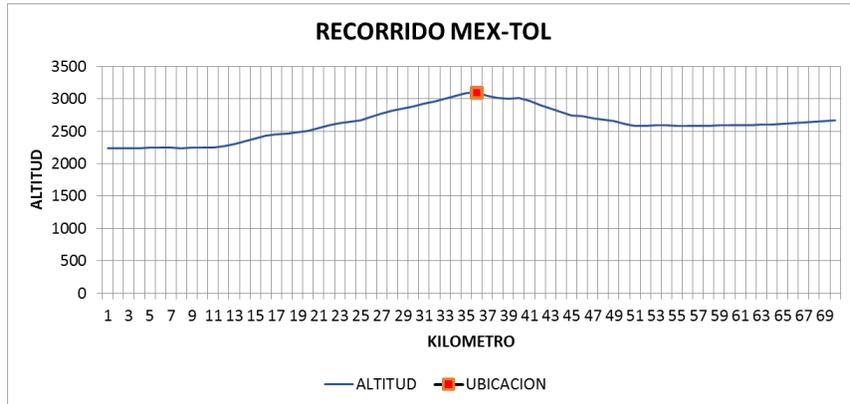
	MEJORES			PEORES		
Bus	183	6	377	195	184	96
SFC	0,44	0,56	0,61	0,72	0,74	0,90



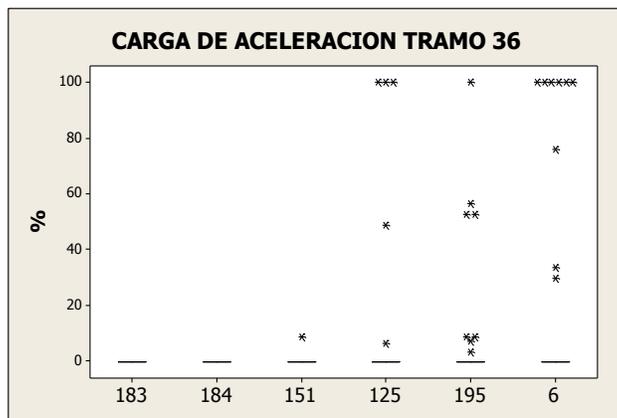
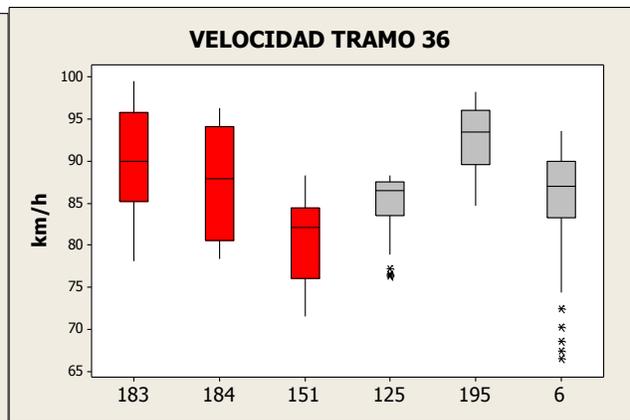
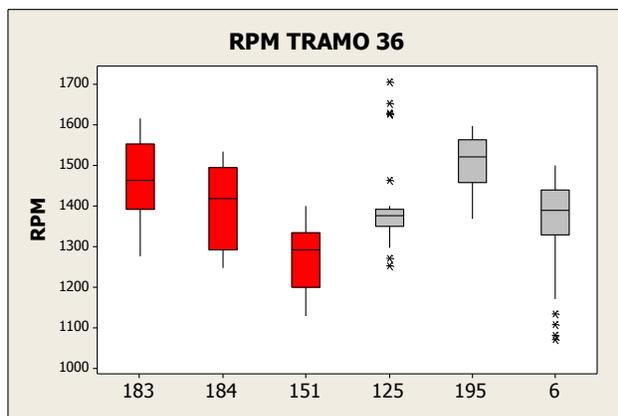




TRAMO 36



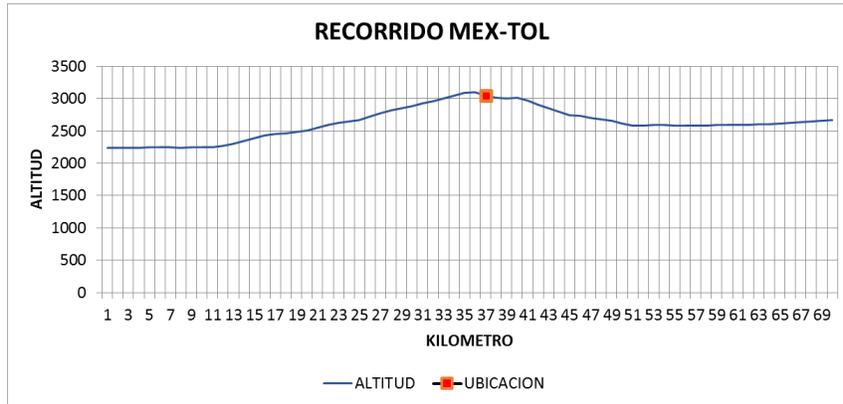
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	183	184	151	125	195	6
<b>SFC</b>	0,00	0,00	0,02	0,06	0,09	0,13



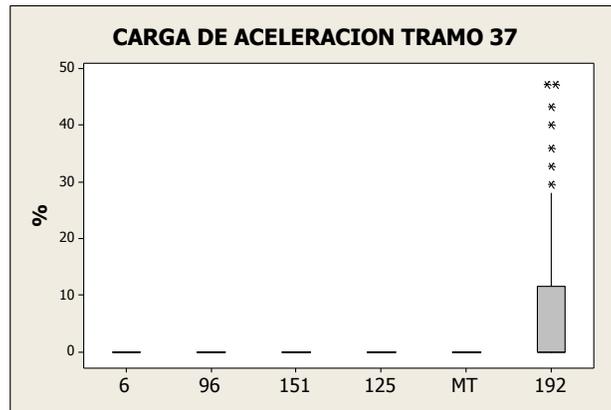
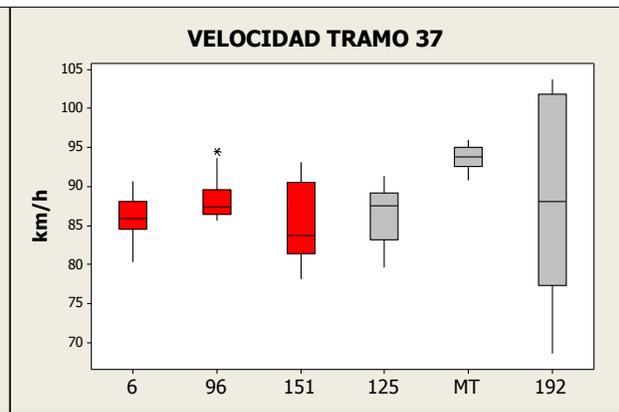
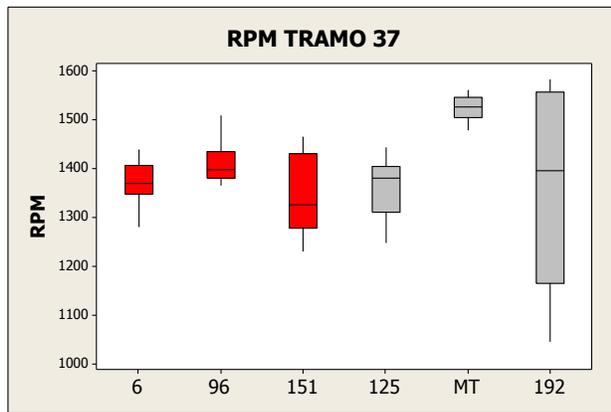


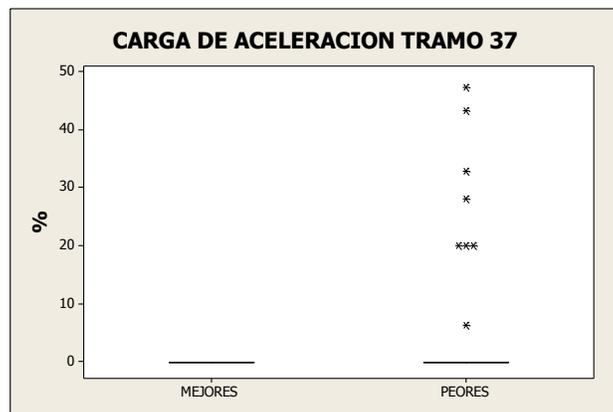
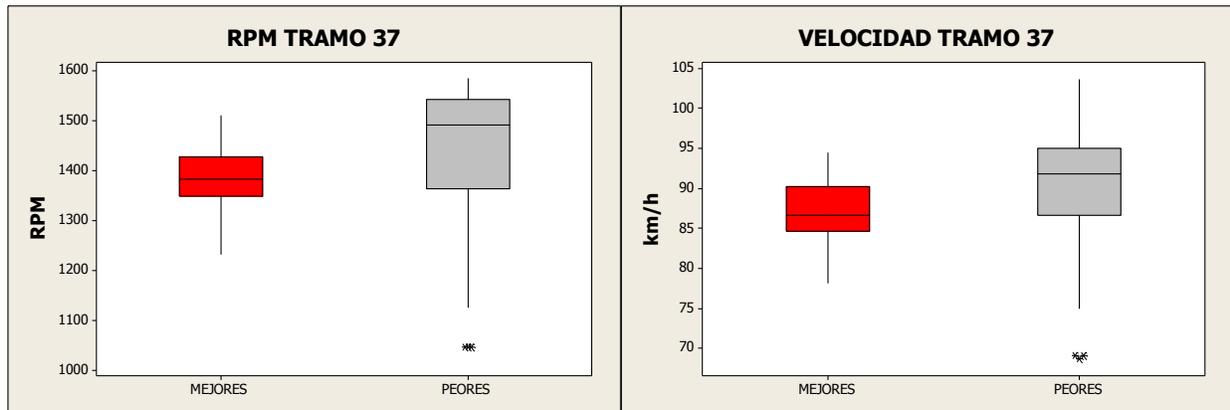
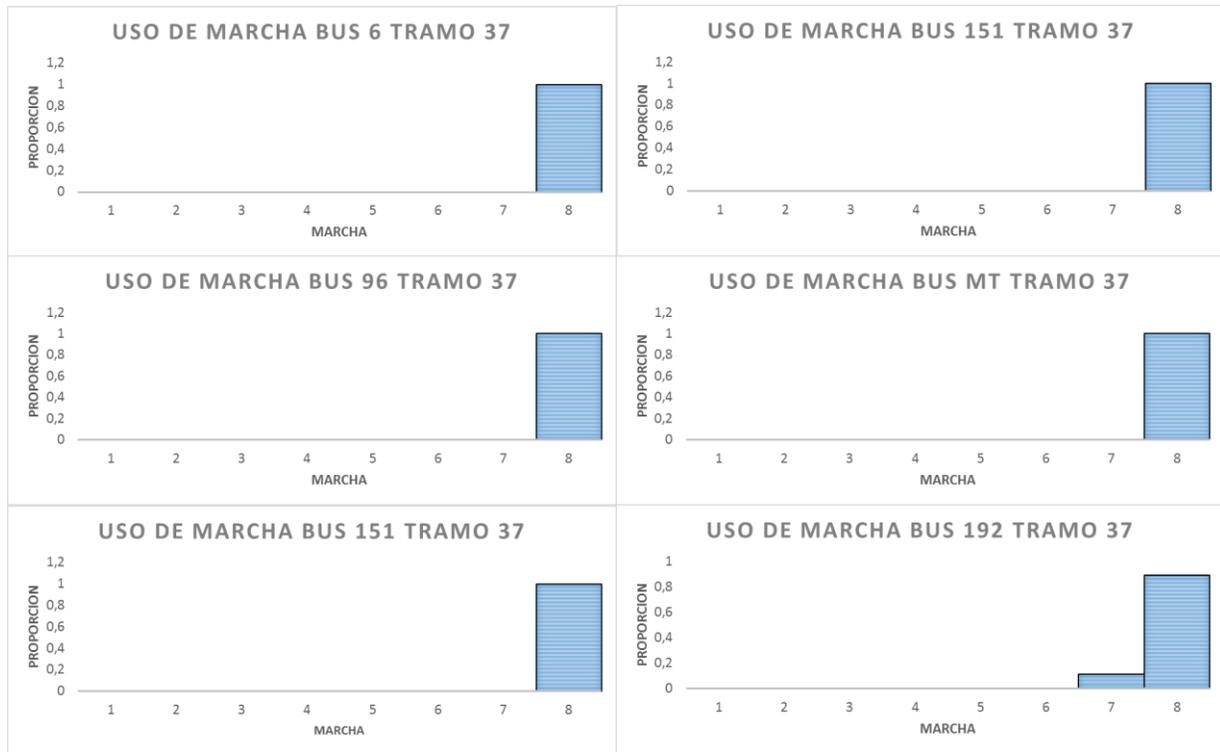


TRAMO 37



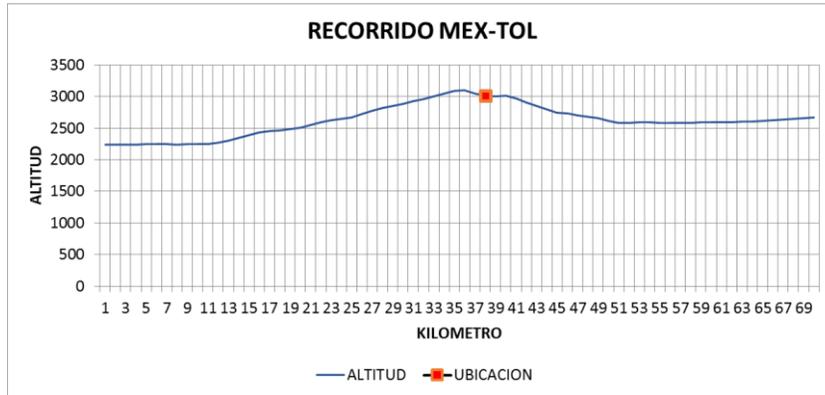
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	6	96	151	125	MT	192
<b>SFC</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07



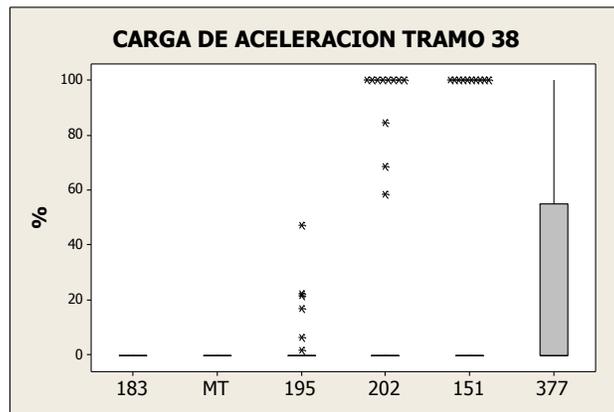
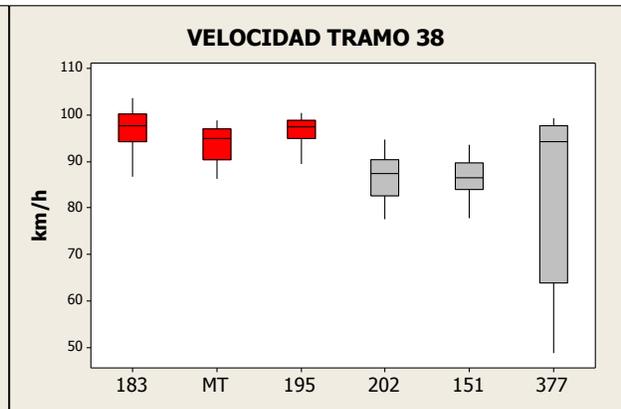
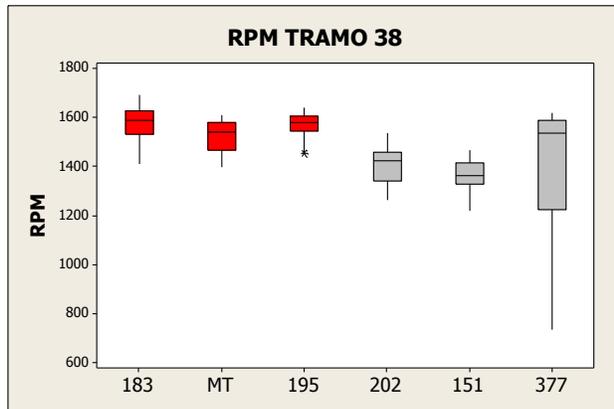


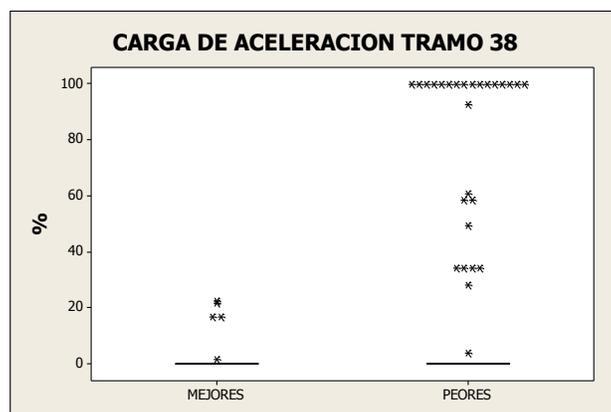
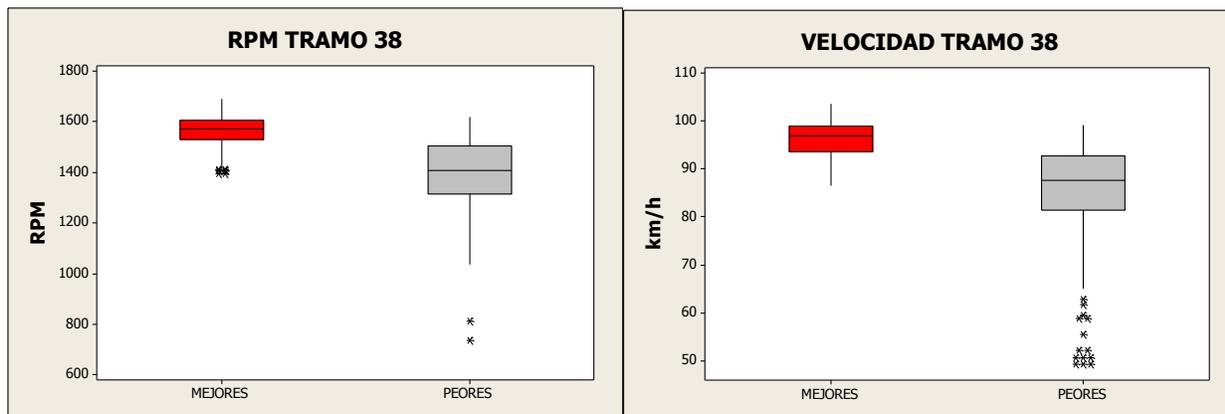
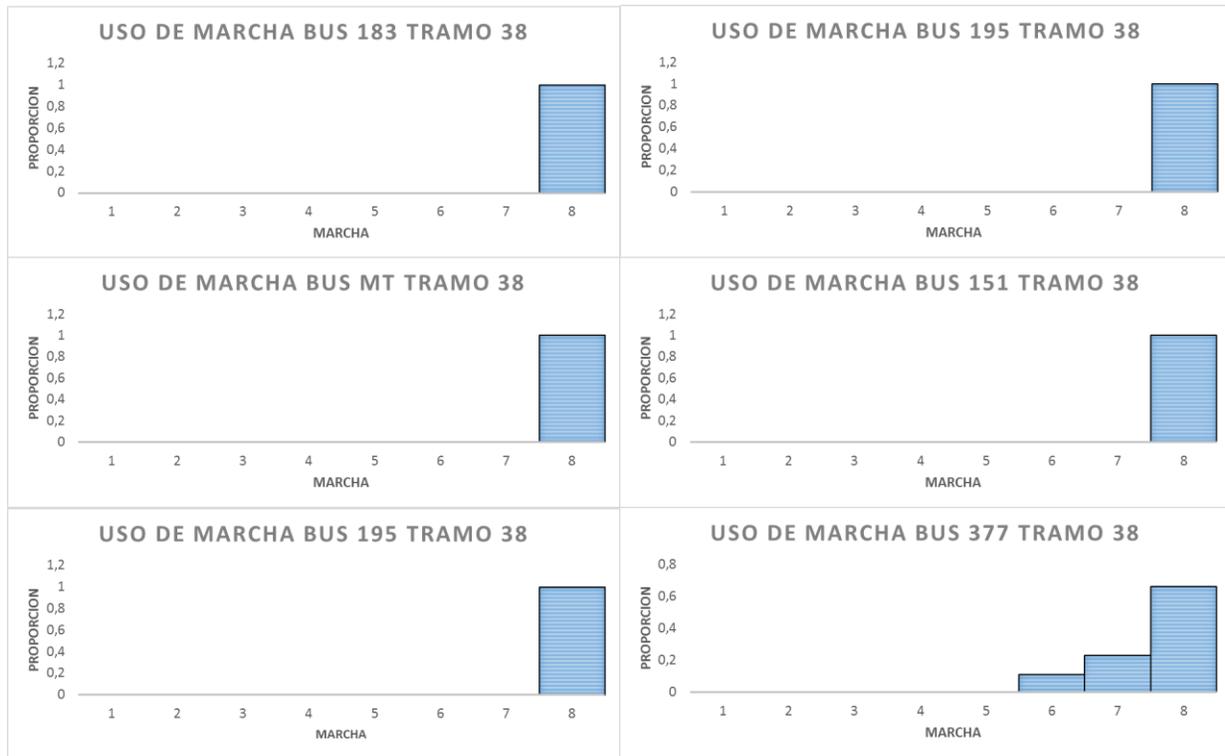


TRAMO 38



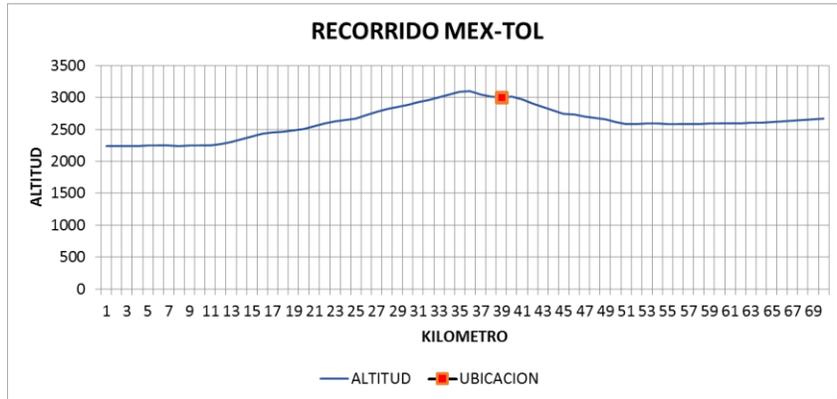
	MEJORES			PEORES		
Bus	183	MT	195	202	151	377
SFC	0,00	0,00	0,00	0,09	0,11	0,17



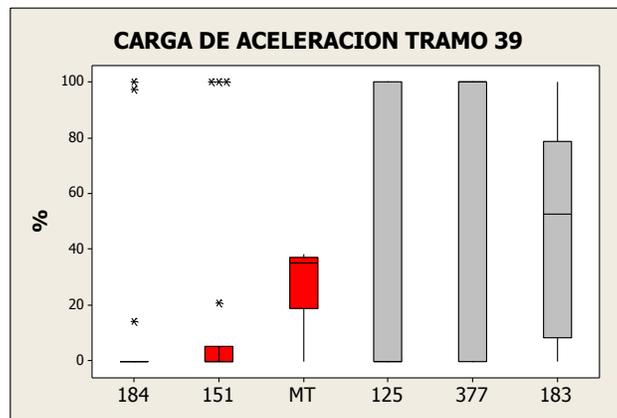
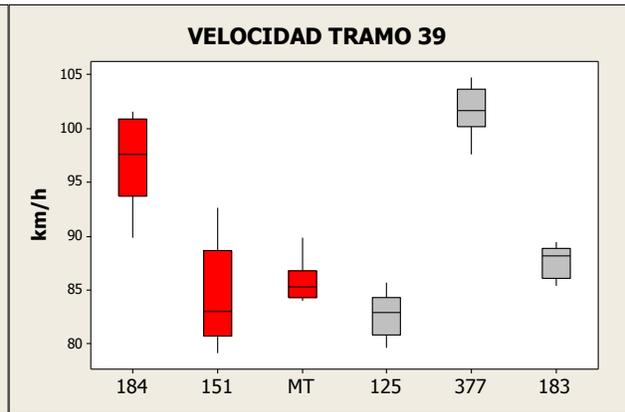
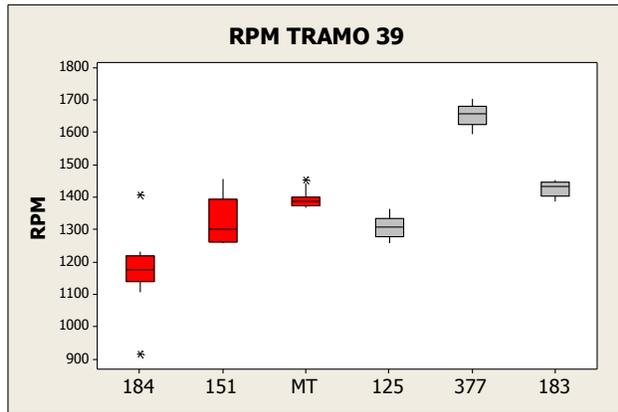


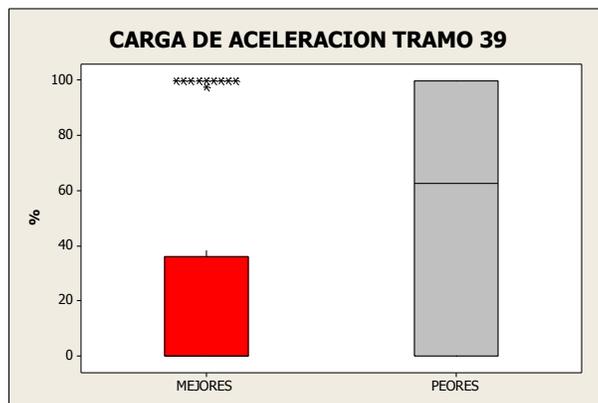
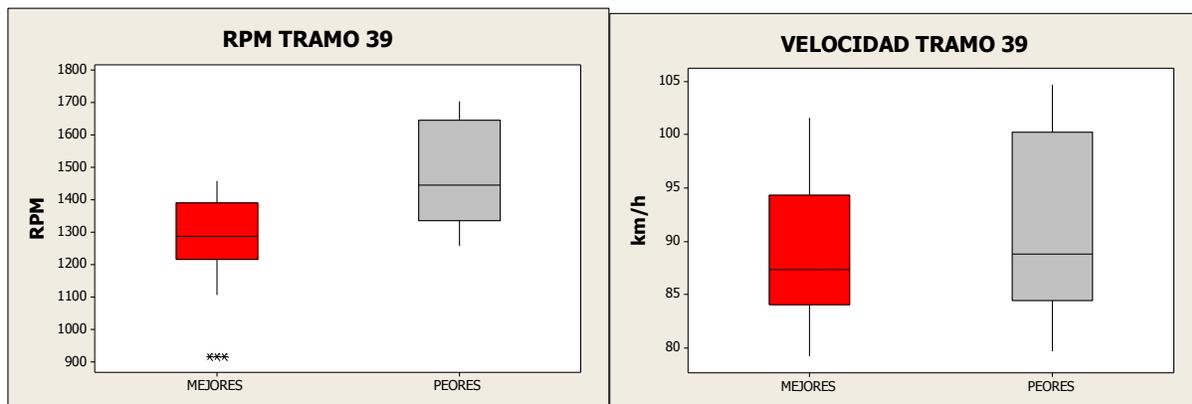
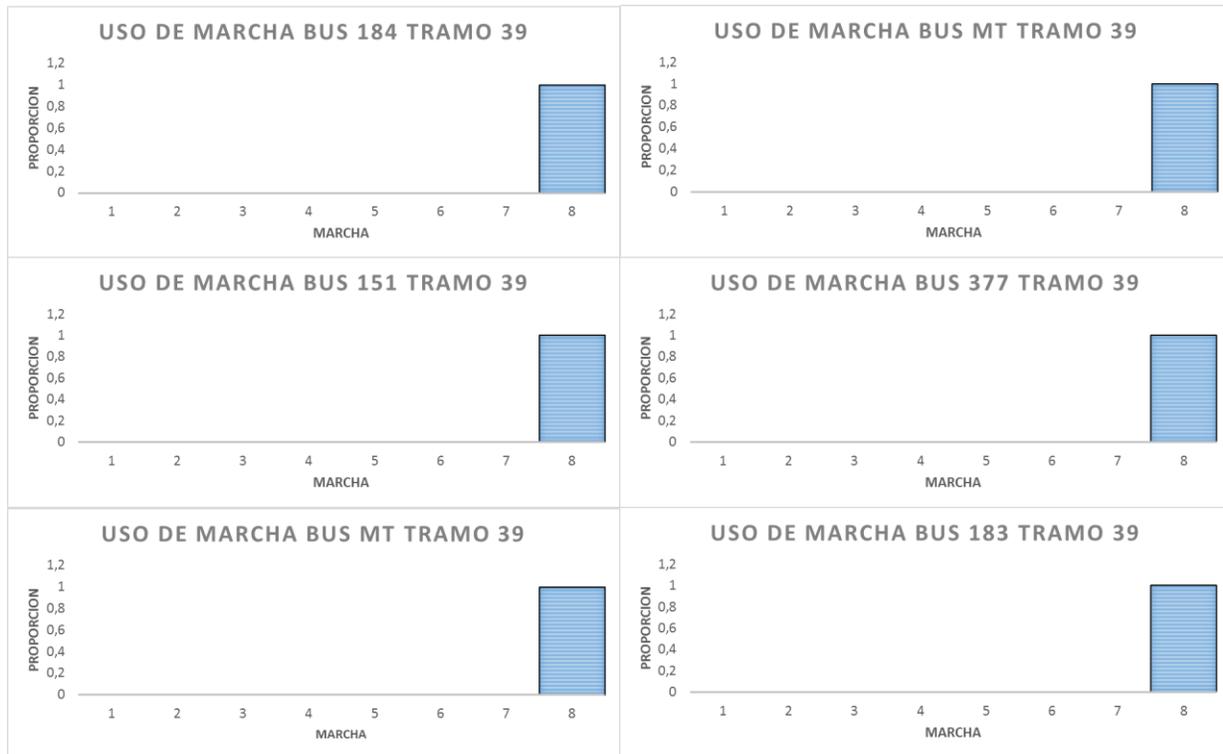


TRAMO 39



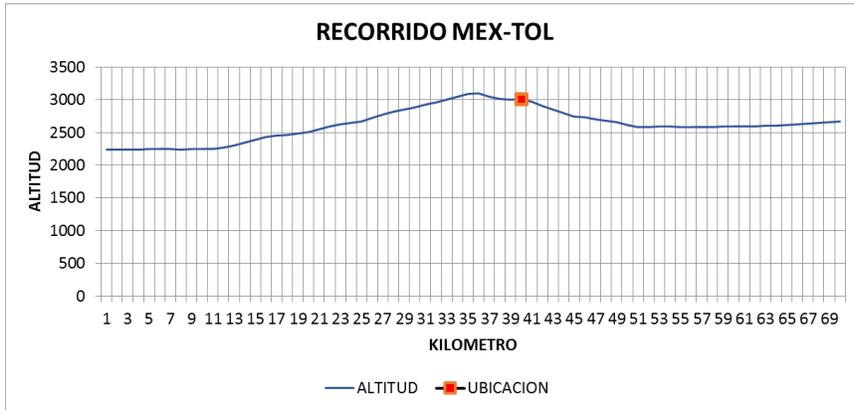
	MEJORES			PEORES		
Bus	184	151	MT	125	377	183
SFC	0,09	0,15	0,20	0,27	0,32	0,34



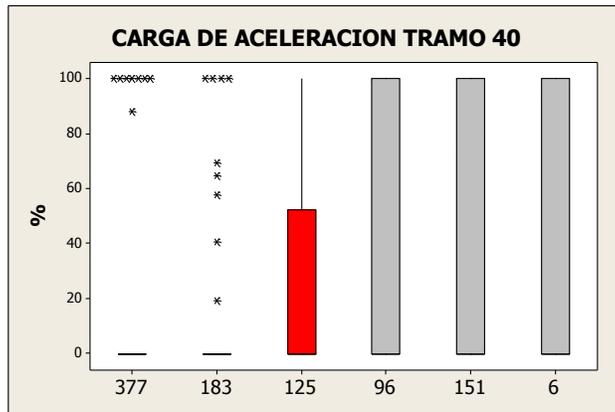
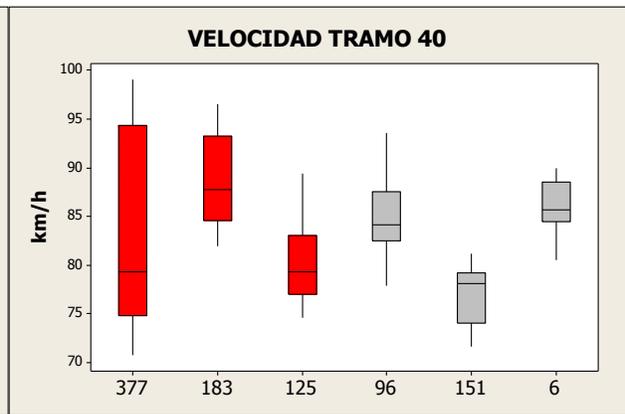
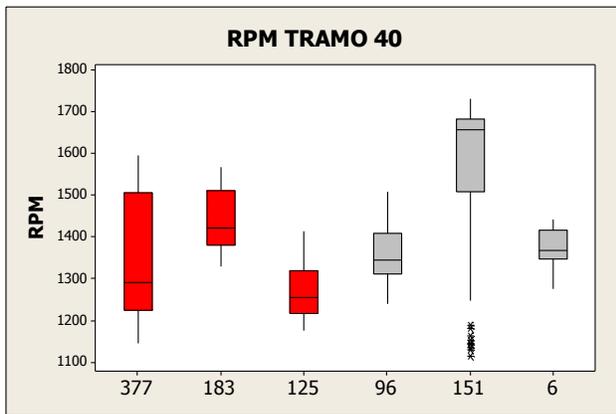


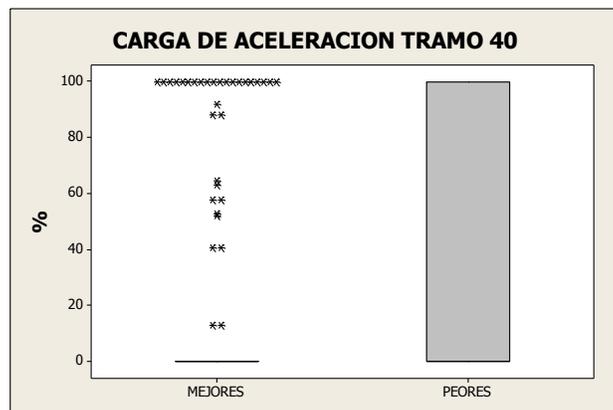
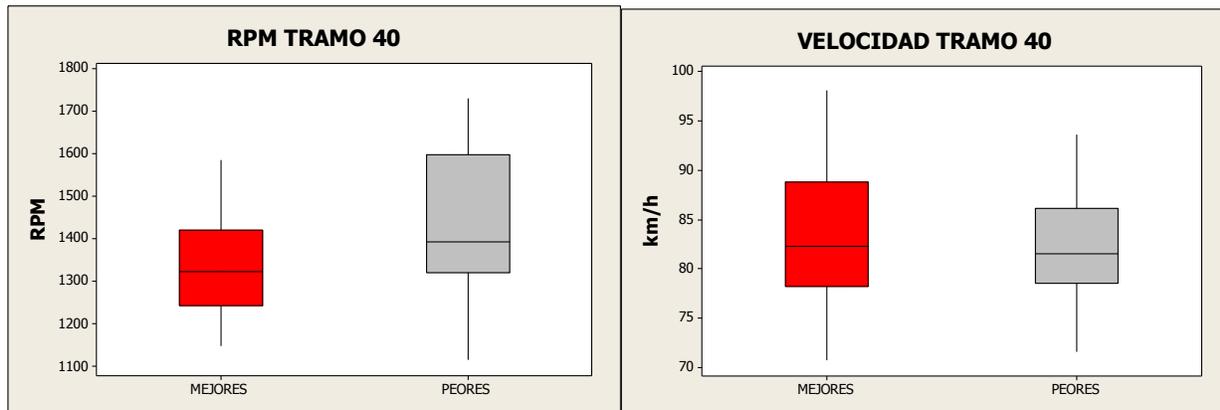
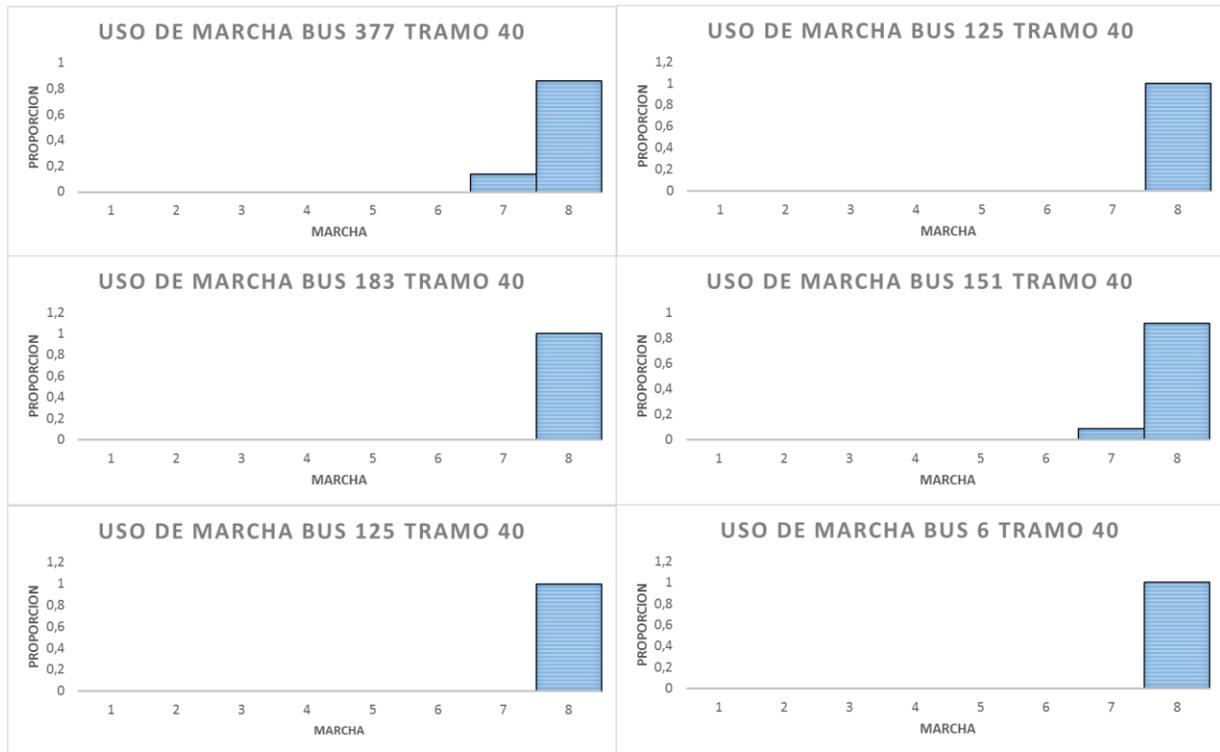


TRAMO 40



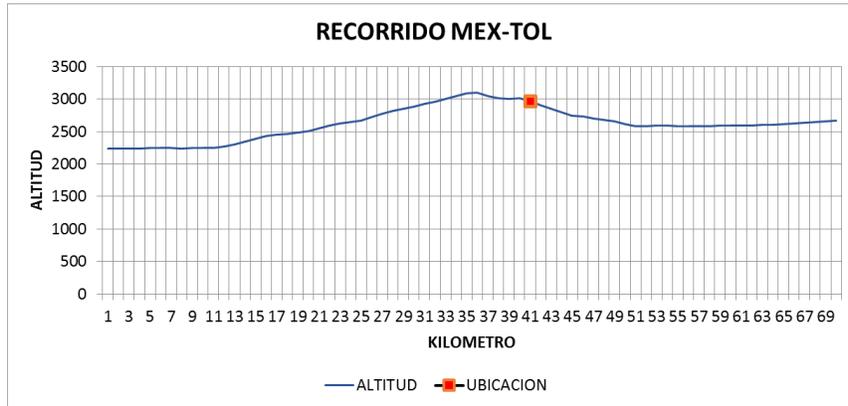
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	377	183	125	96	151	6
<b>SFC</b>	0,09	0,13	0,17	0,27	0,28	0,31



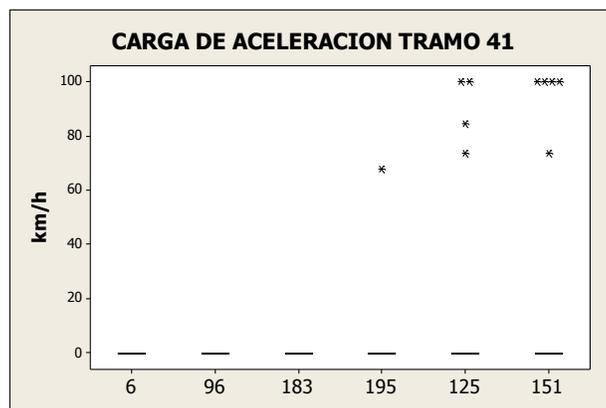
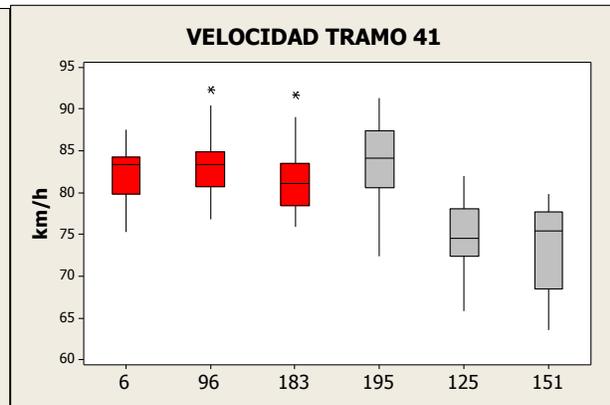
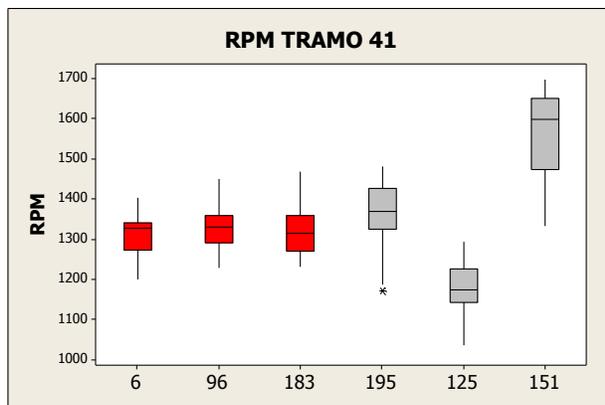


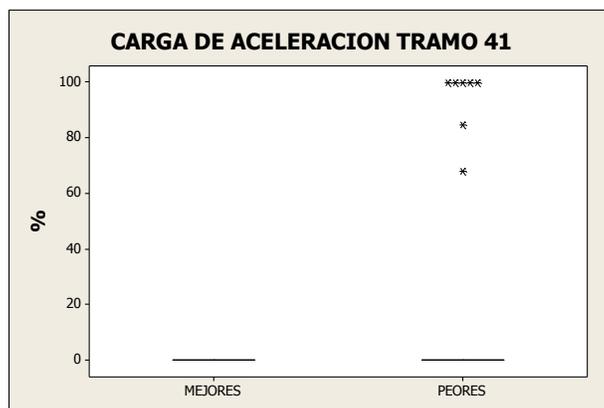
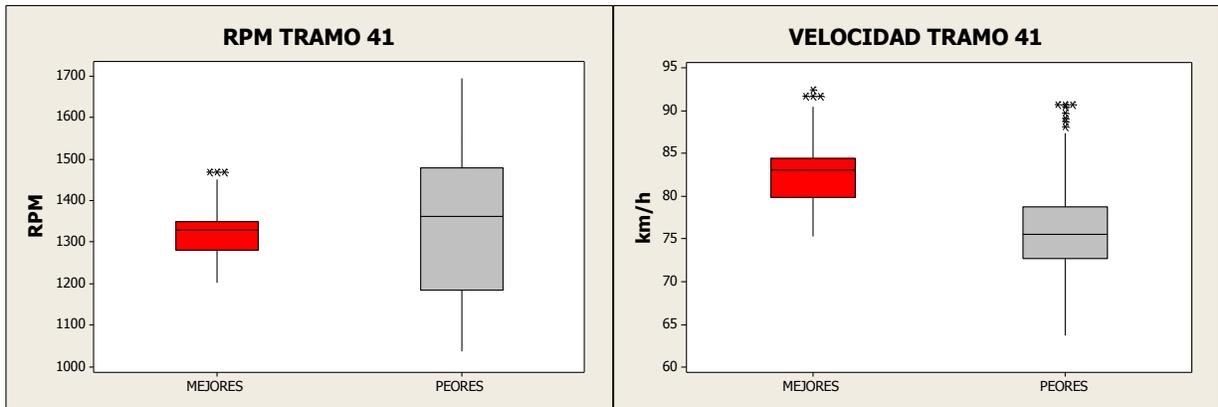
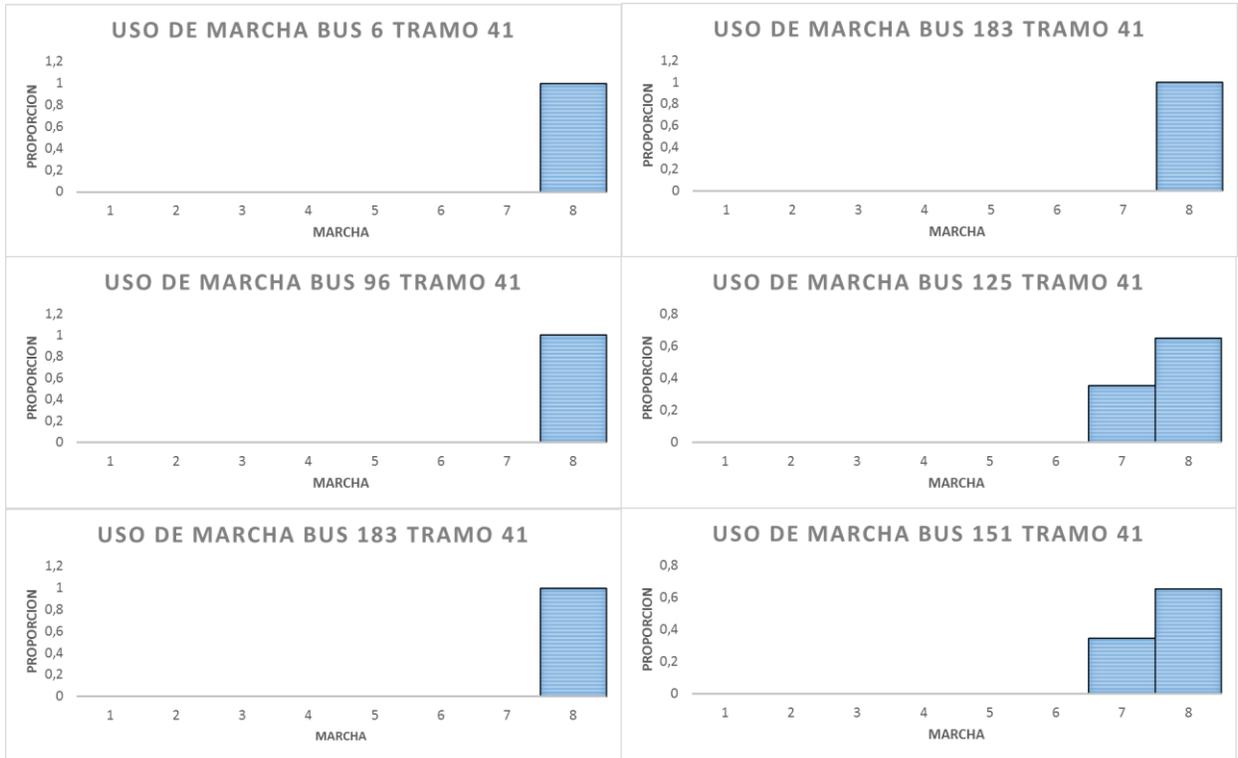


TRAMO 41



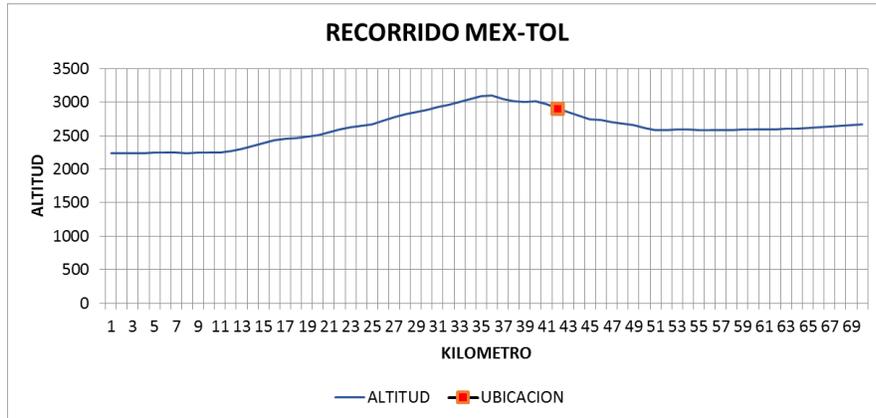
	MEJORES			PEORES		
Bus	6	96	183	195	125	151
SFC	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04



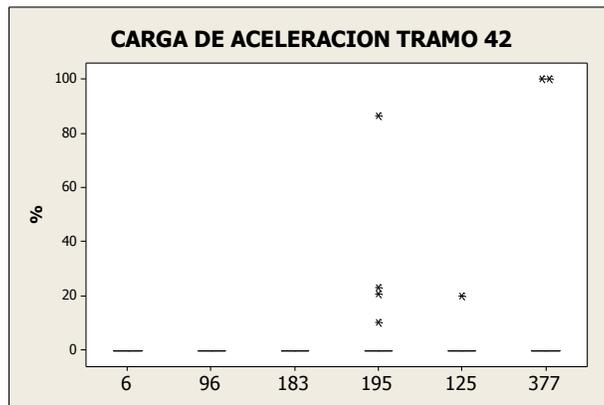
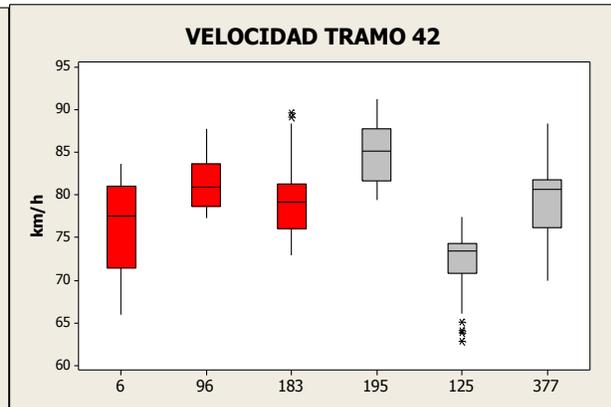
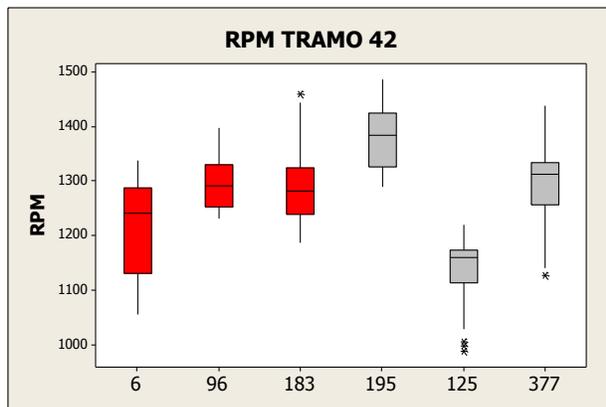


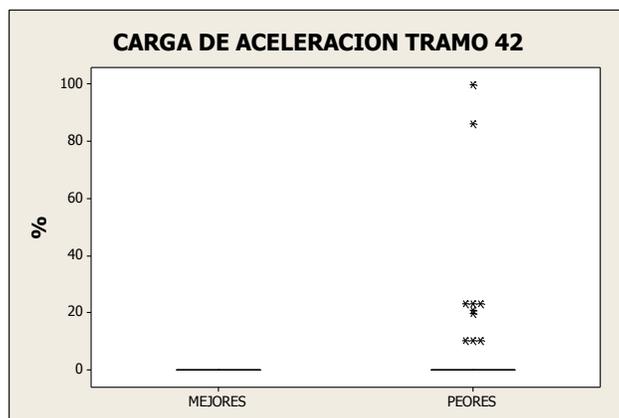
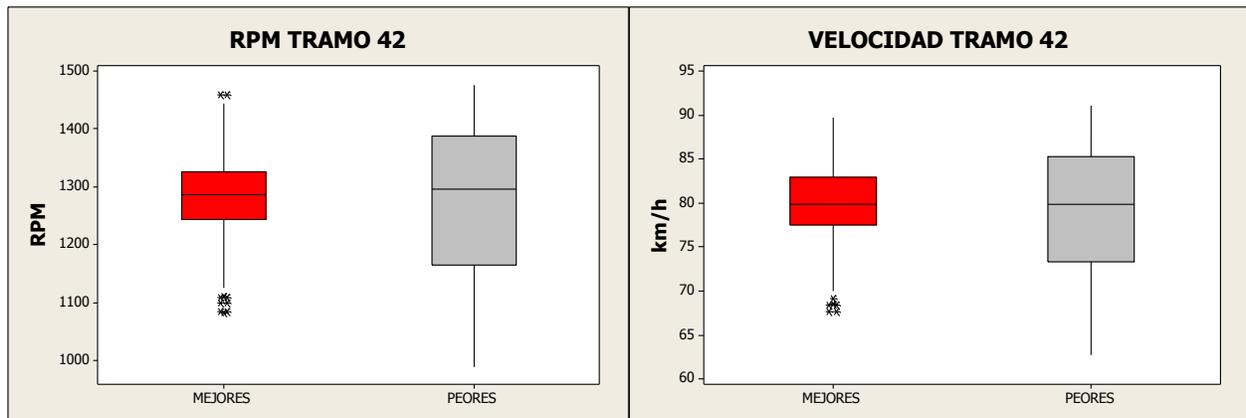
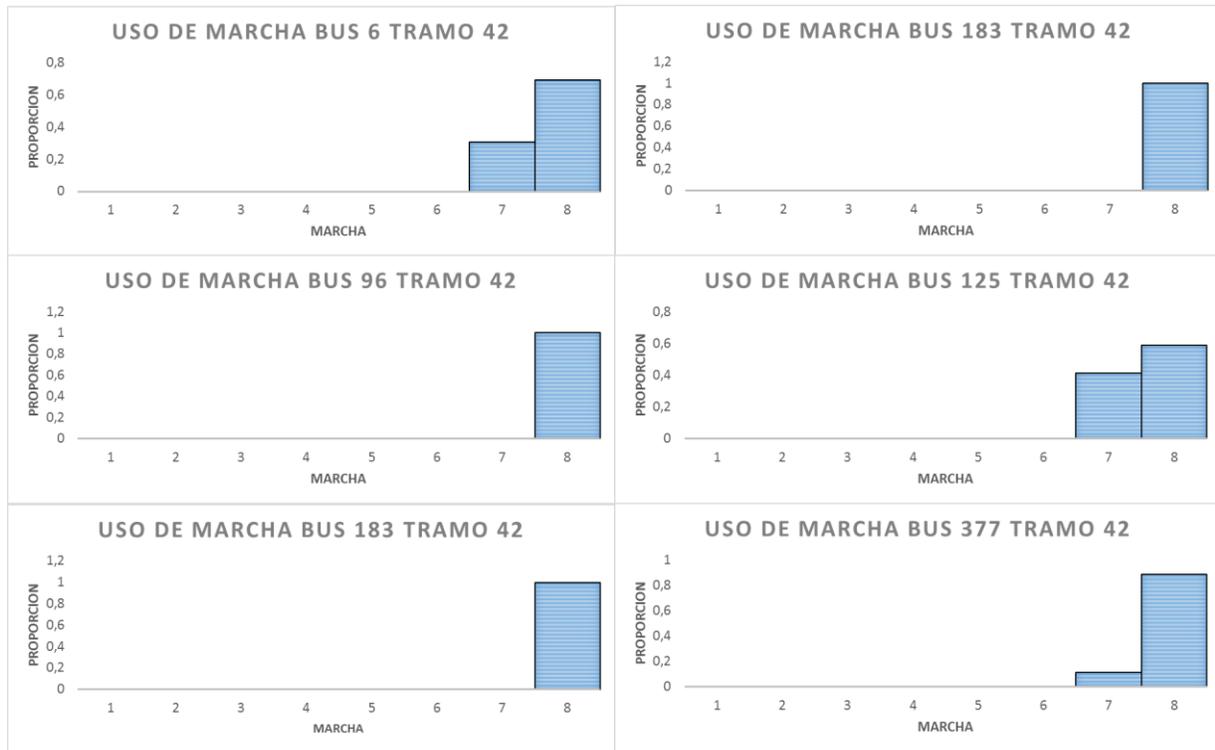


TRAMO 42



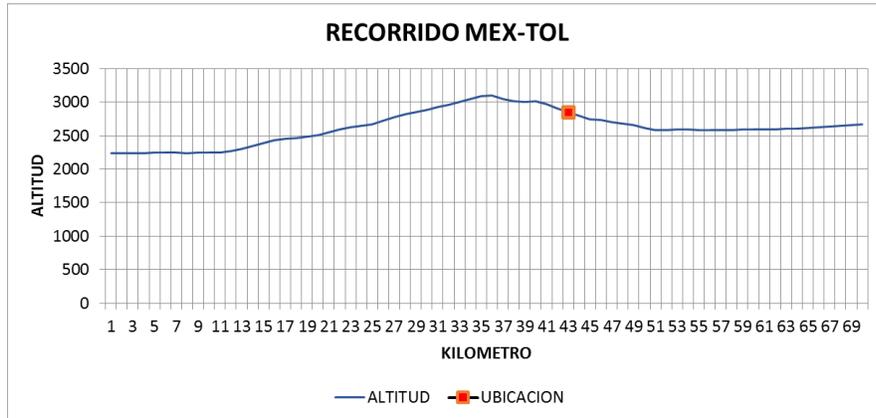
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	6	96	183	195	125	377
<b>SFC</b>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03



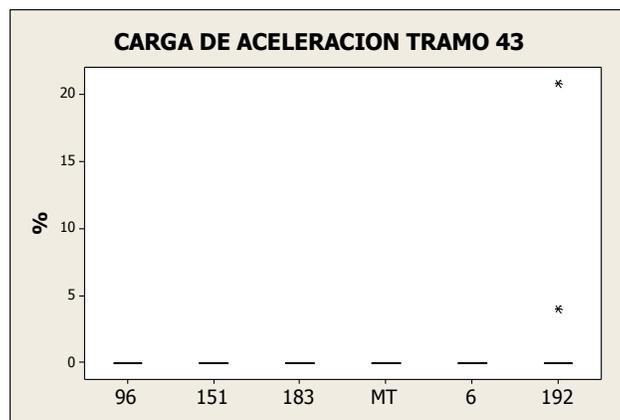
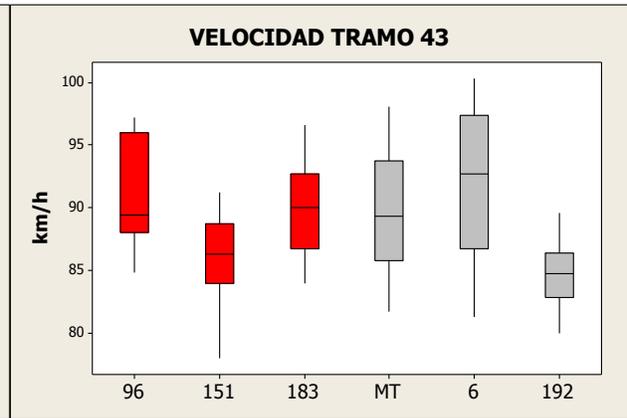
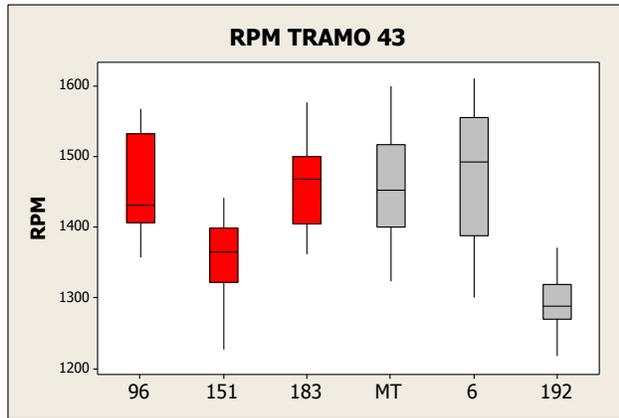


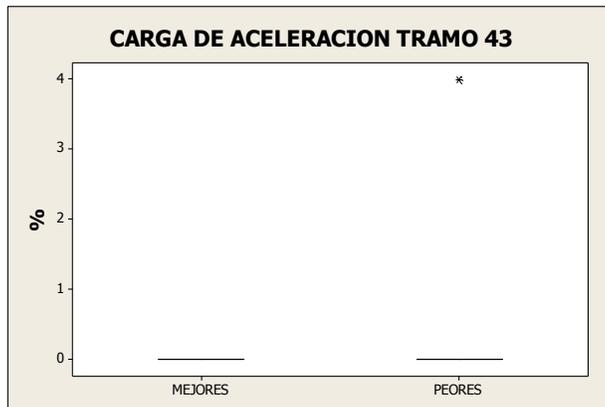
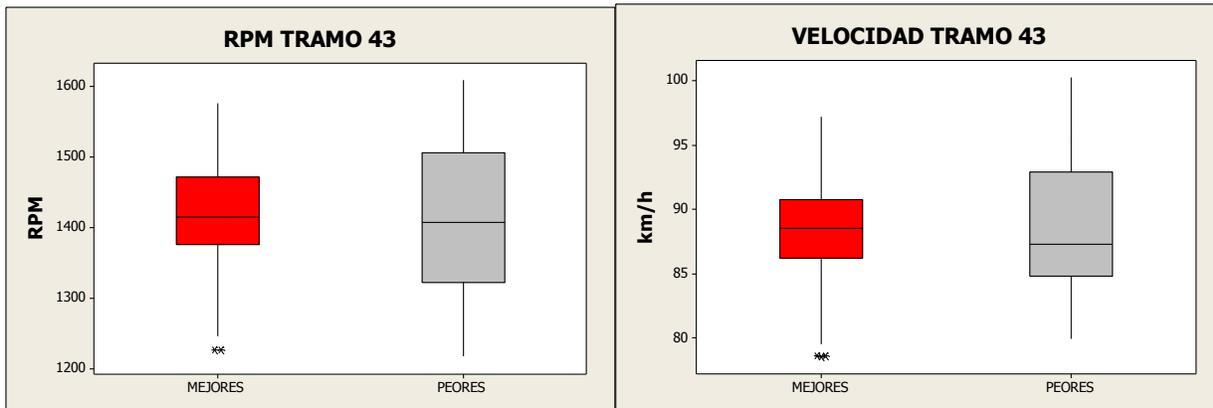
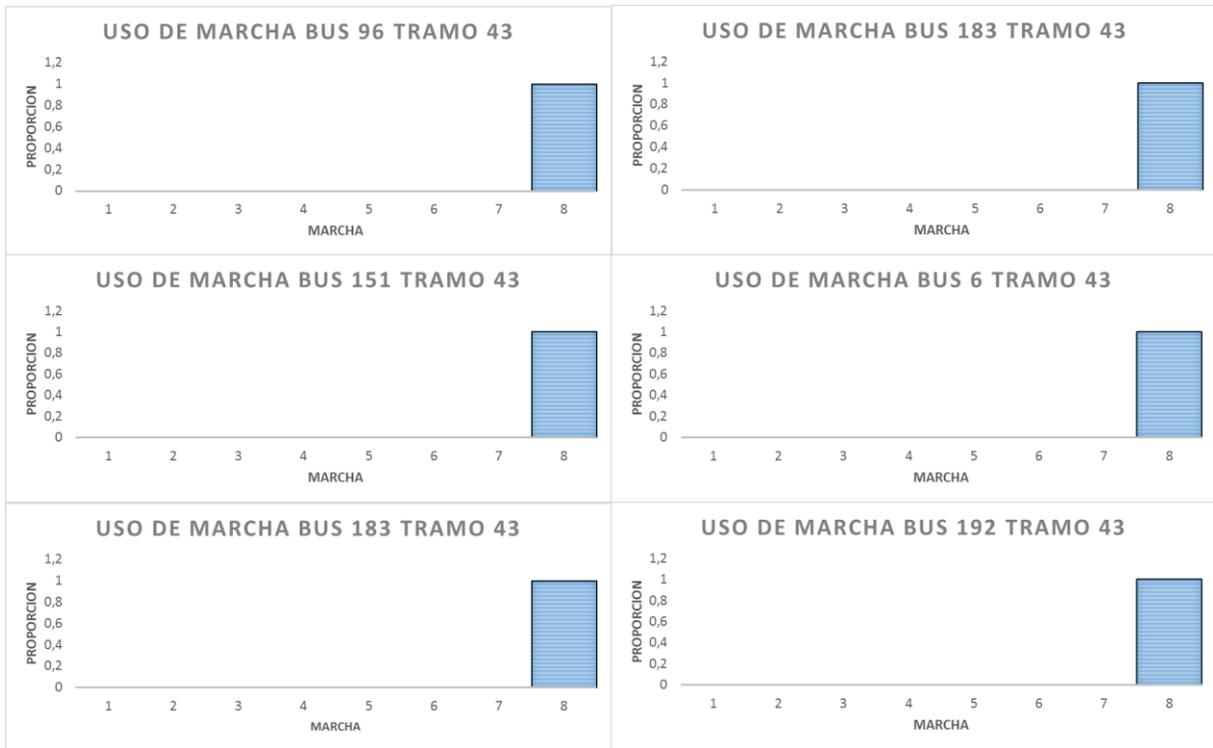


TRAMO 43



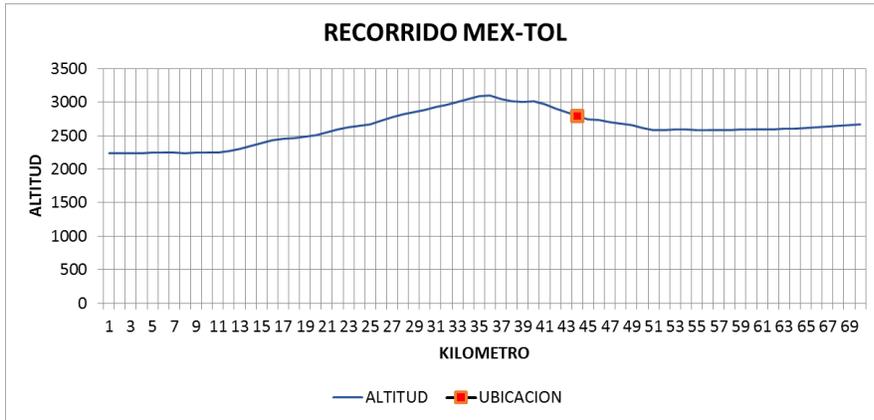
	MEJORES			PEORES		
Bus	96	151	183	MT	6	192
SFC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01



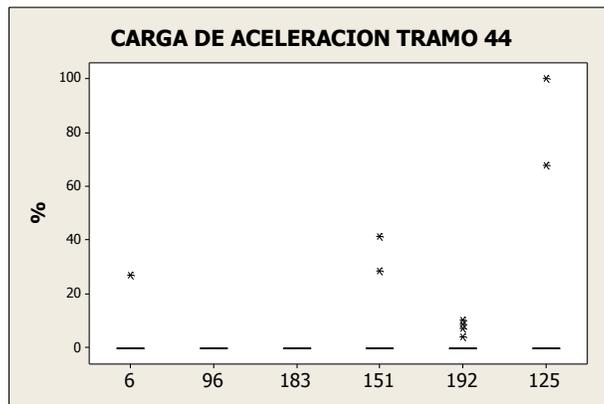
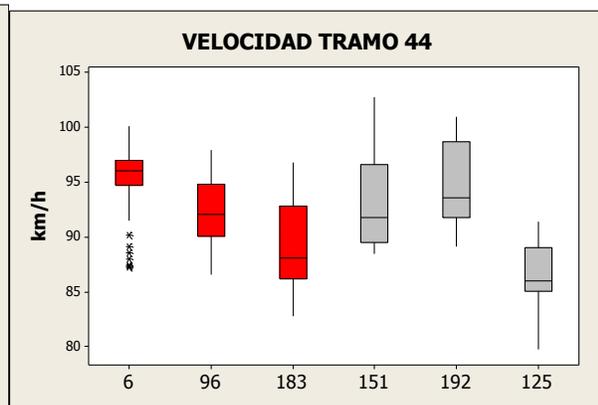
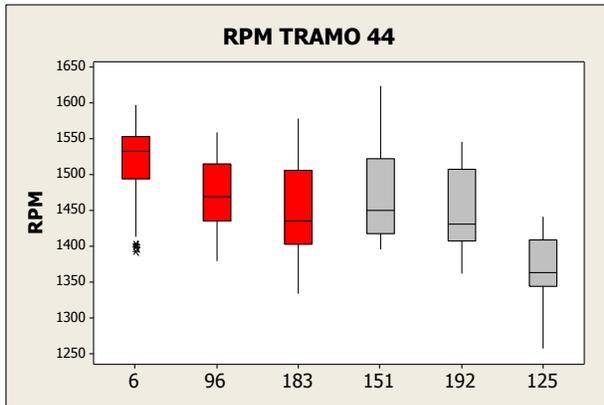


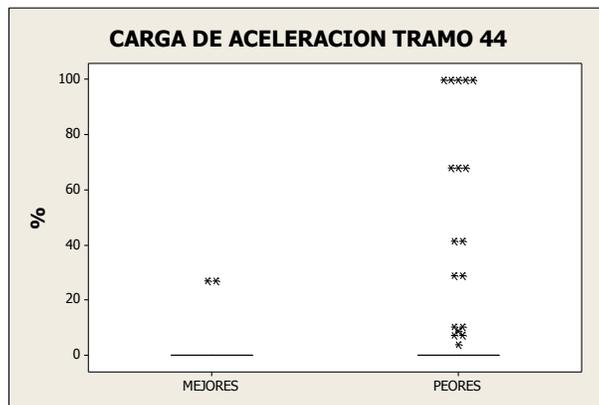
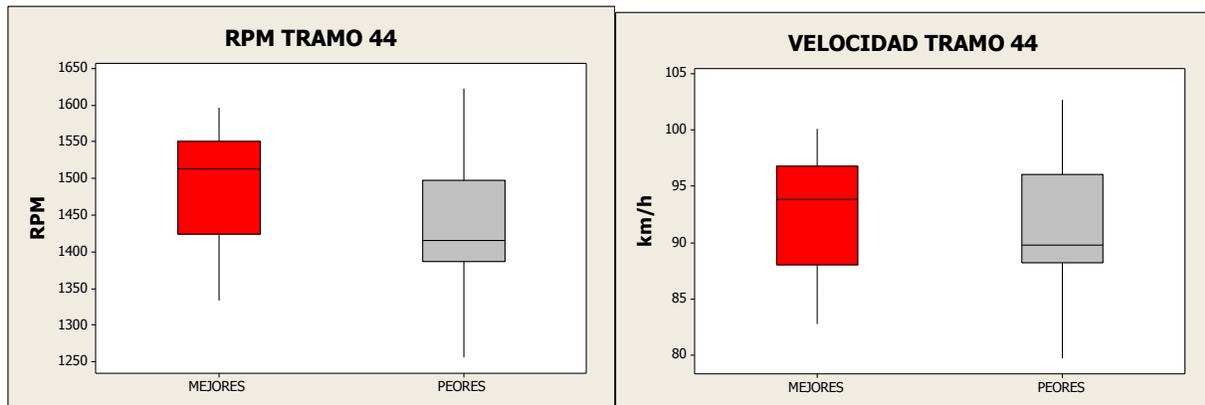
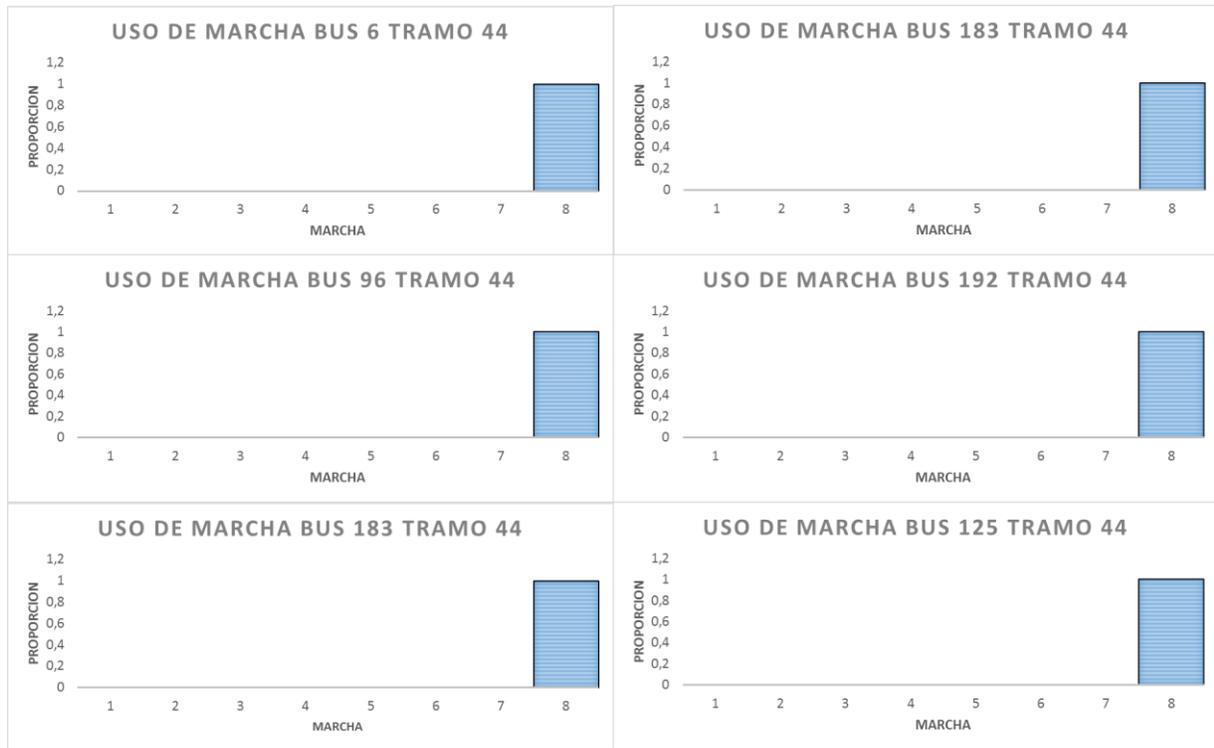


TRAMO 44



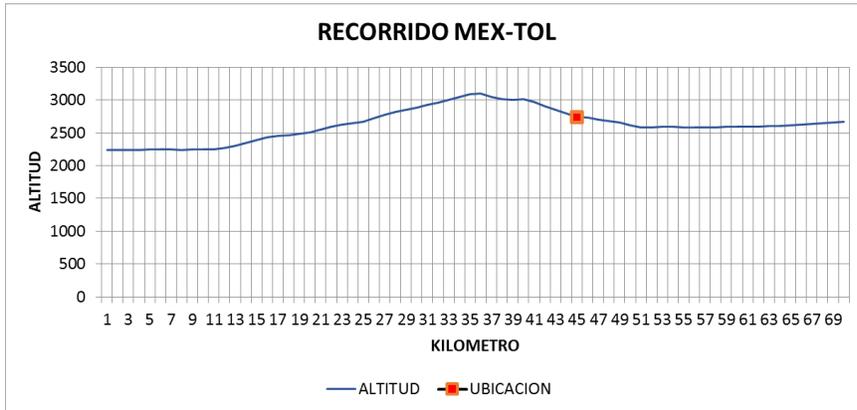
	MEJORES			PEORES		
Bus	6	96	183	151	192	125
SFC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01



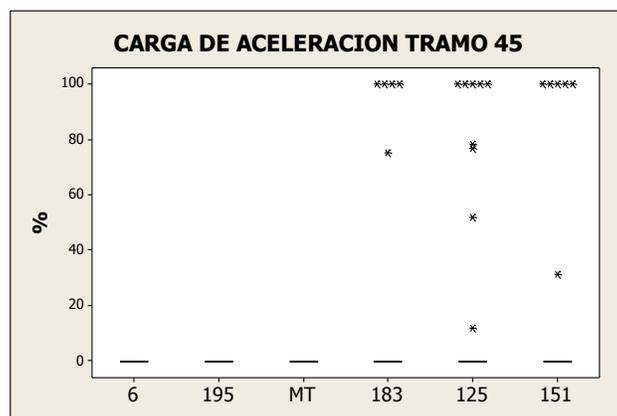
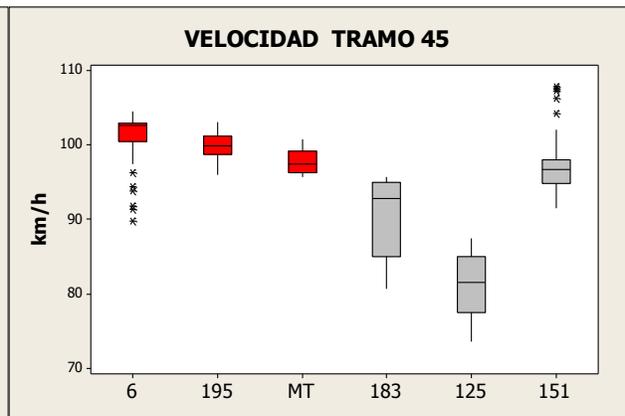
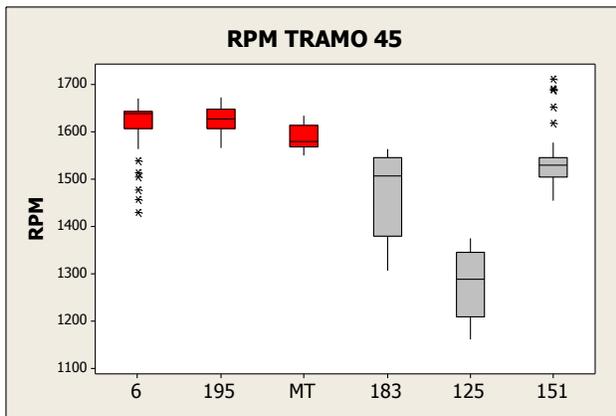


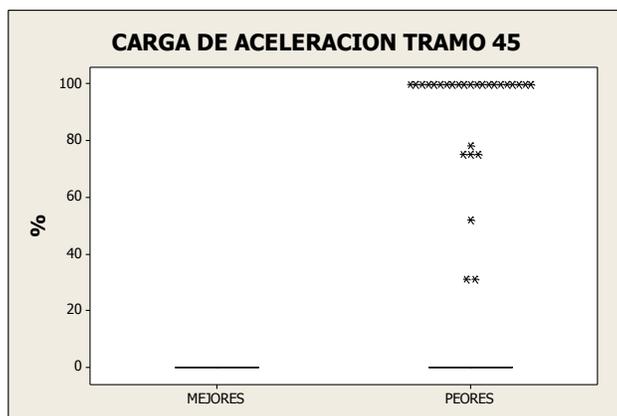
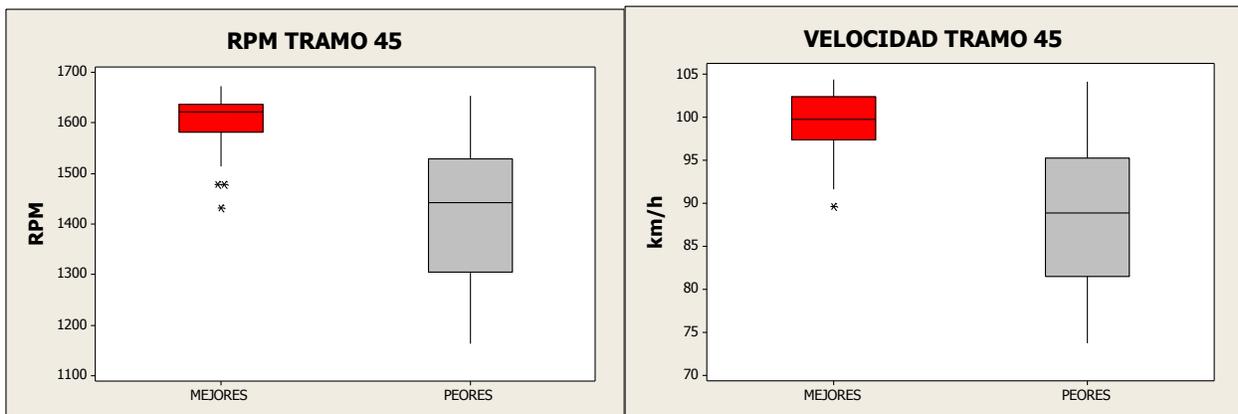
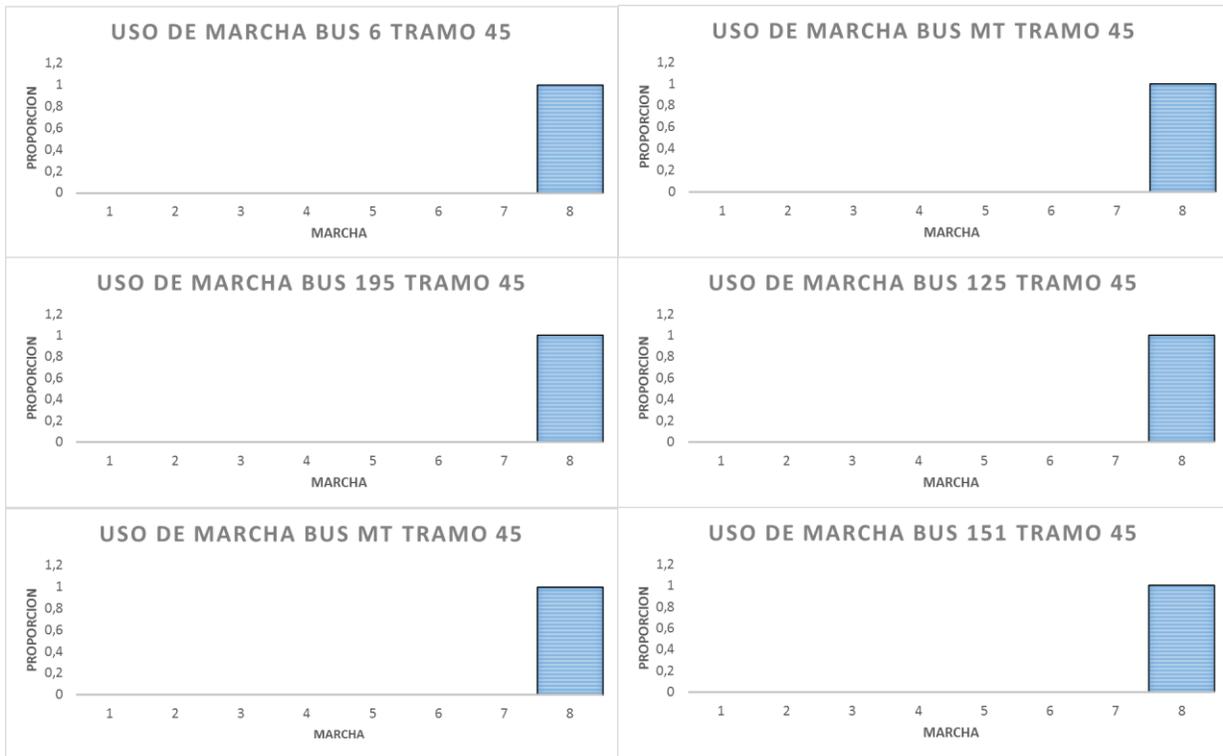


TRAMO 45



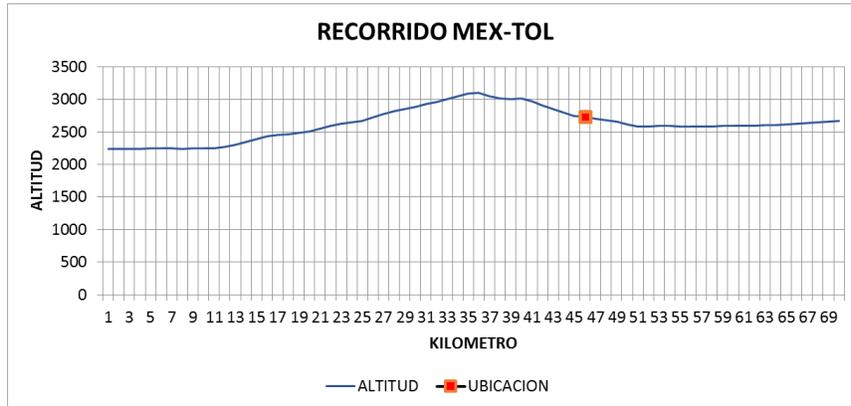
	MEJORES			PEORES		
Bus	6	195	MT	183	125	151
SFC	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,12



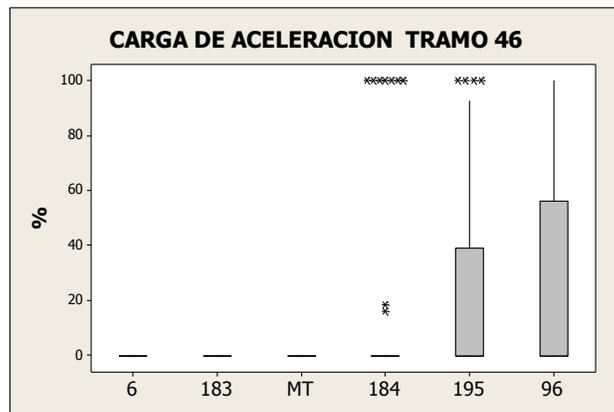
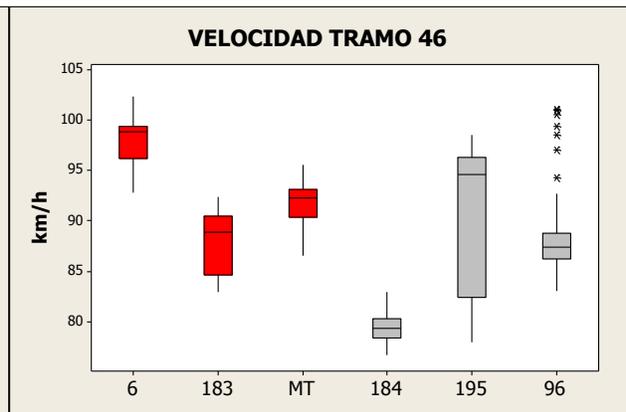
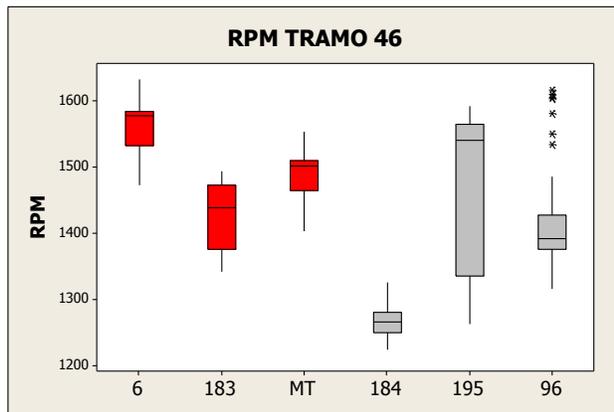


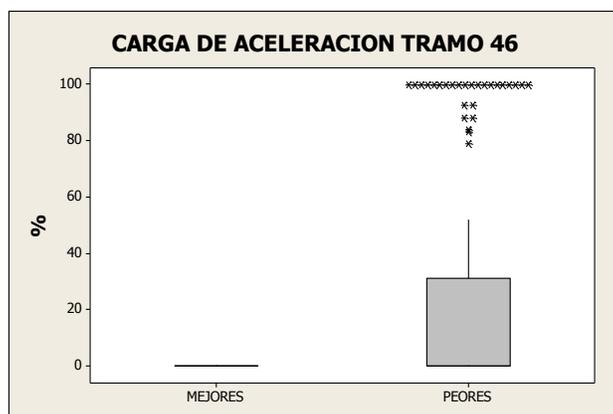
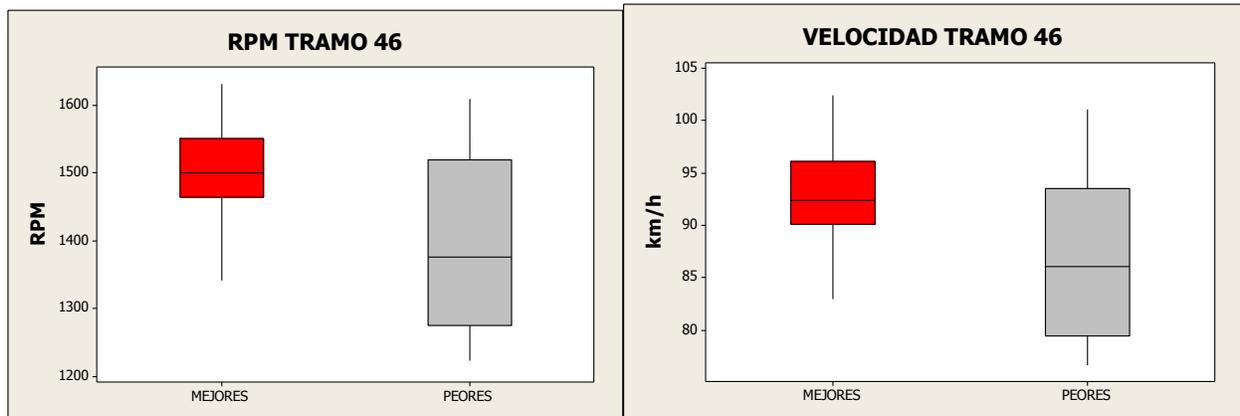
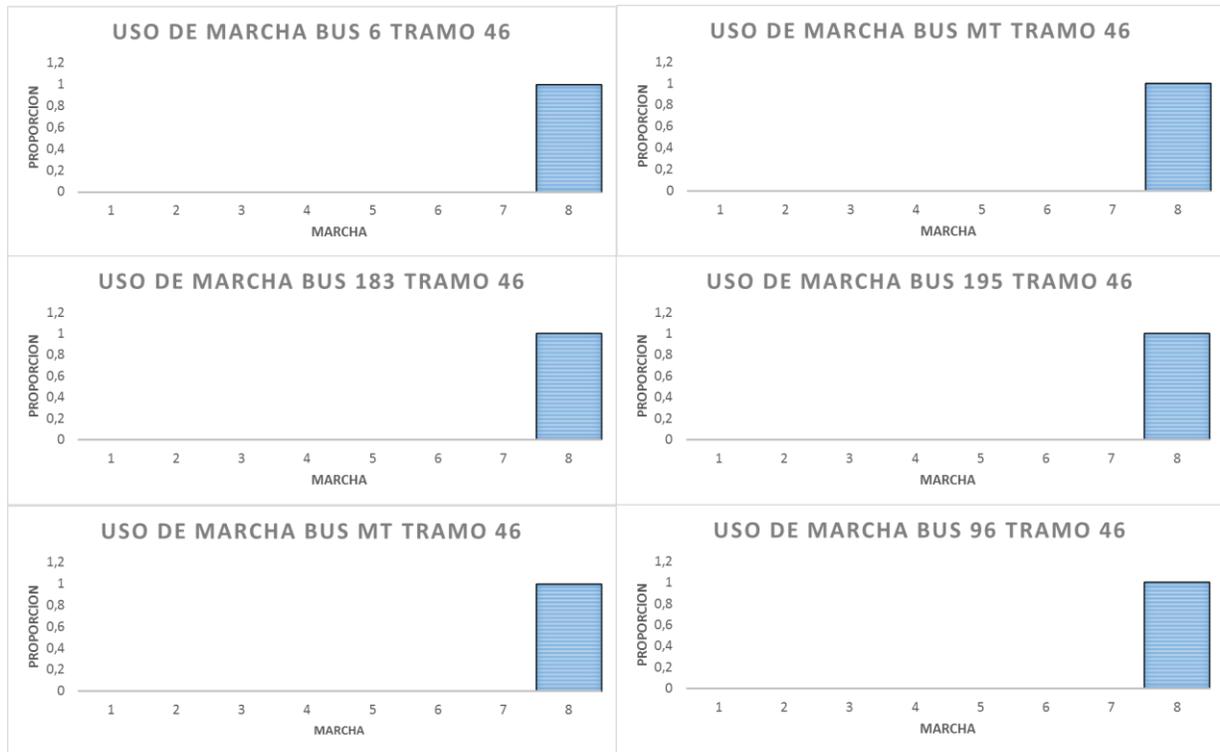


TRAMO 46



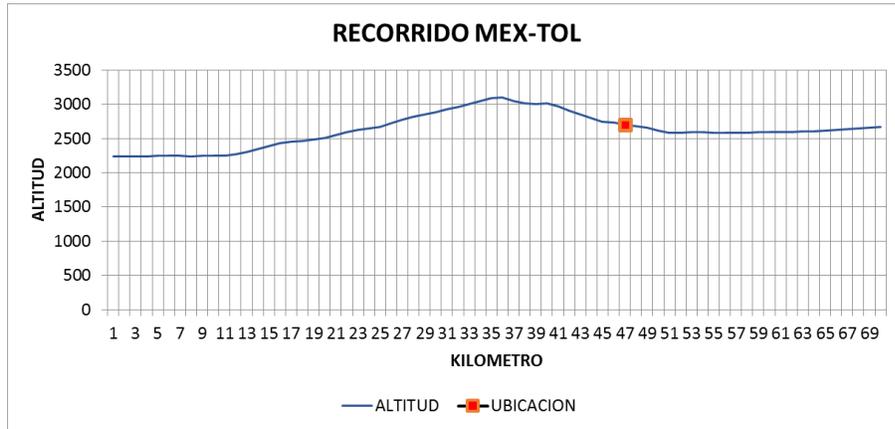
	MEJORES			PEORES		
Bus	6	183	MT	184	195	96
SFC	0,00	0,00	0,00	0,08	0,16	0,20



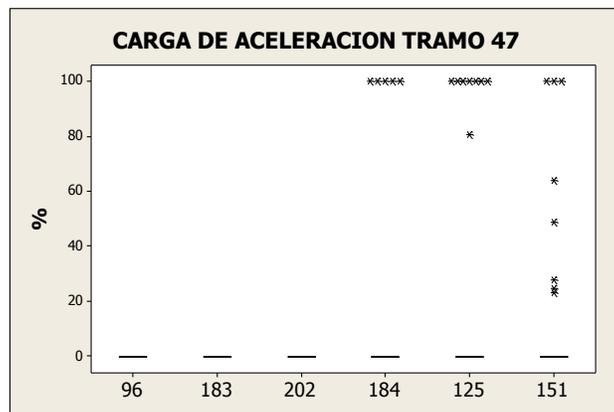
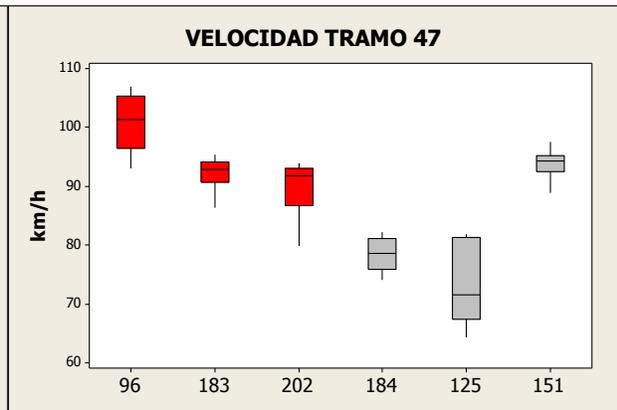
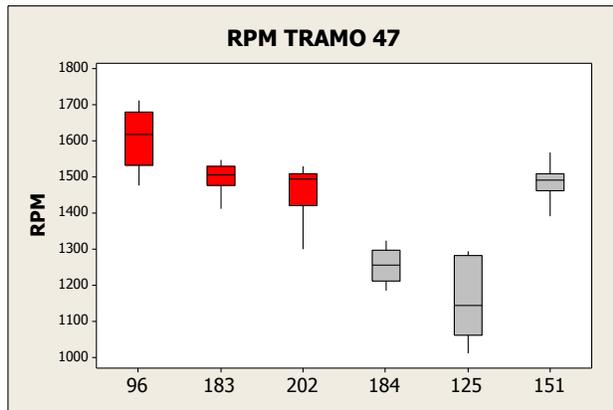


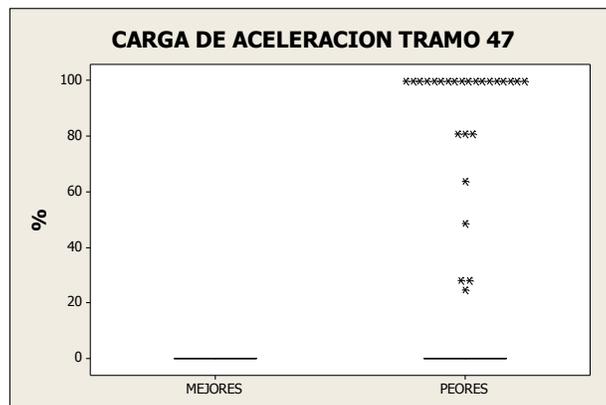
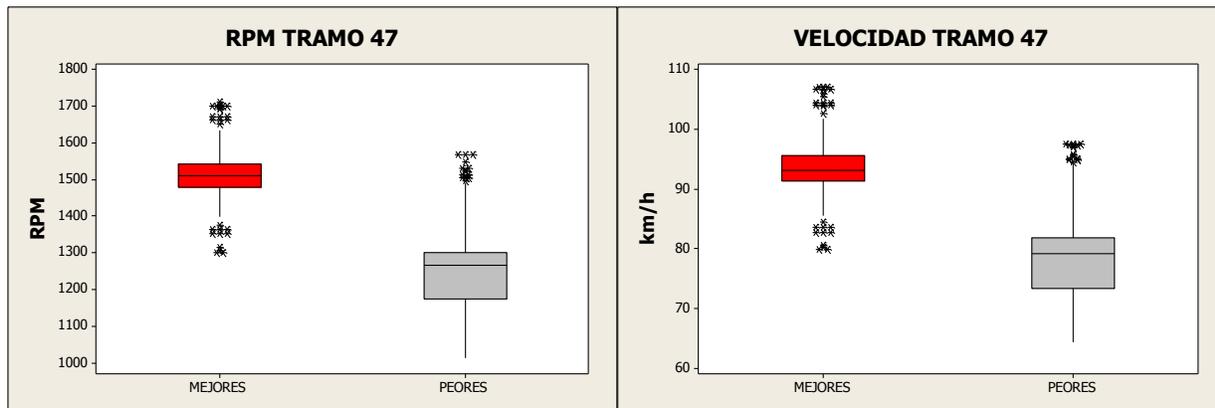
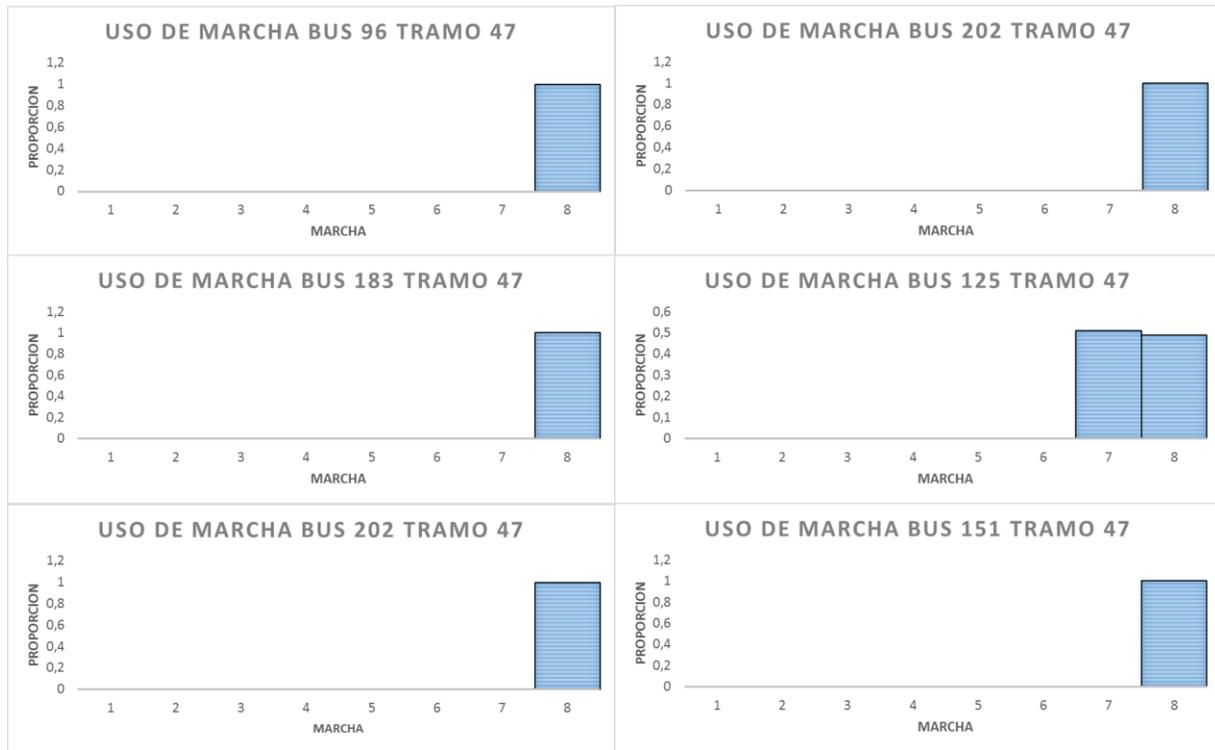


TRAMO 47



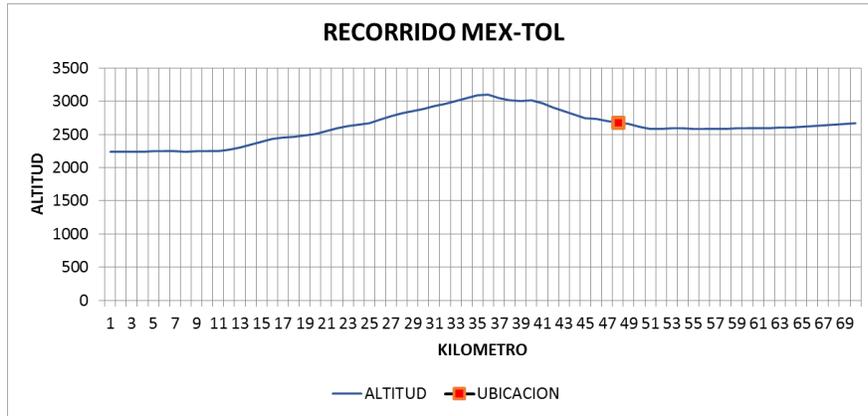
	MEJORES			PEORES		
Bus	96	183	202	184	125	151
SFC	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07	0,08



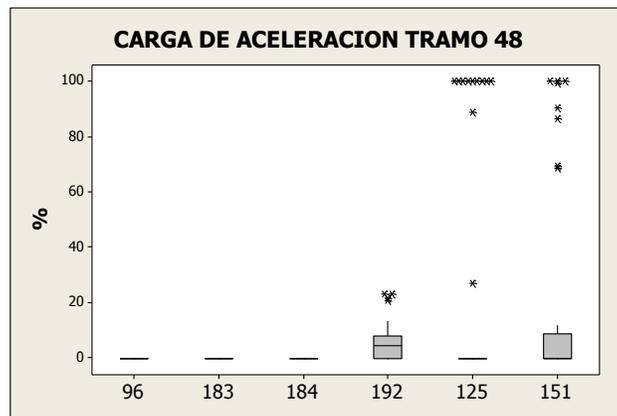
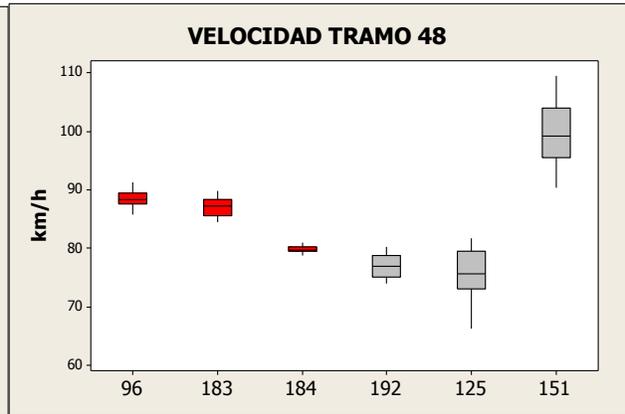
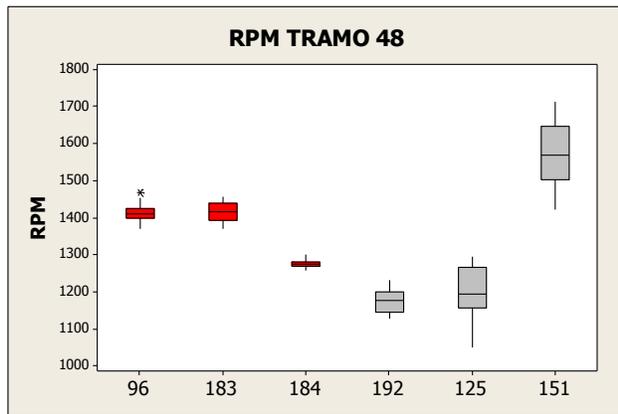


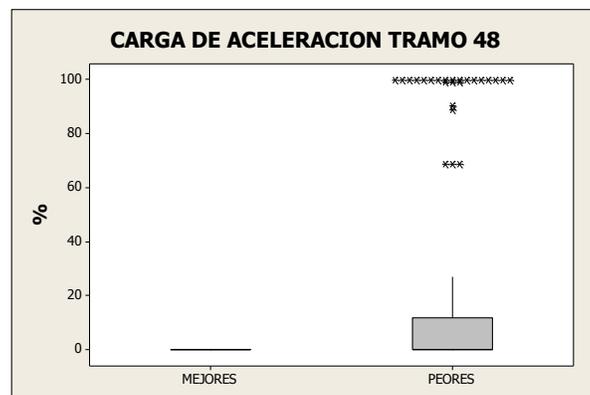
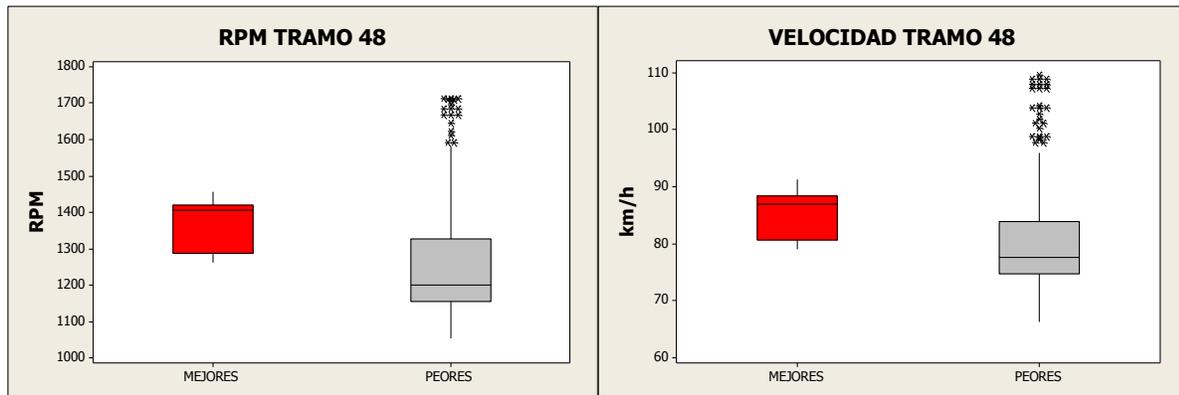
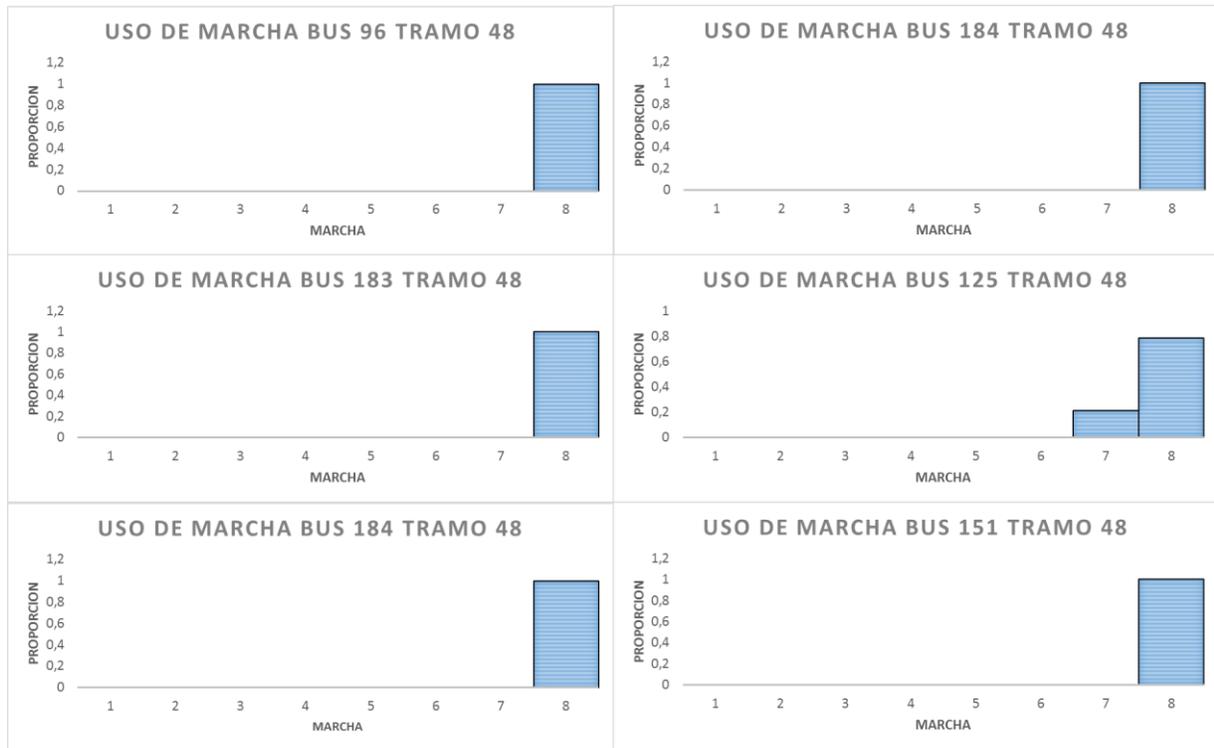


TRAMO 48



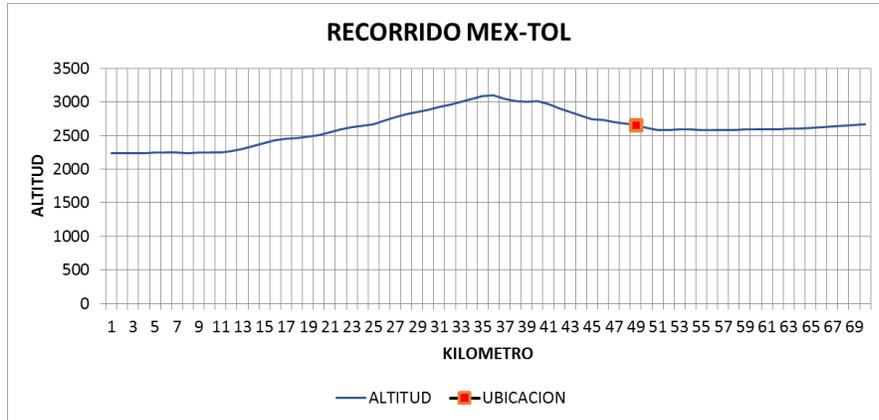
	MEJORES			PEORES		
Bus	96	183	184	192	125	151
SFC	0,00	0,00	0,00	0,06	0,14	0,15



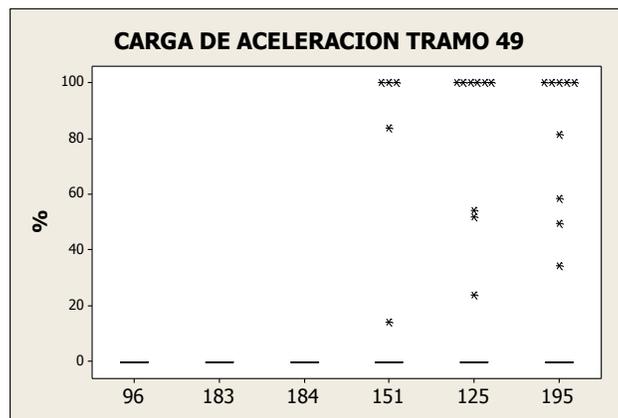
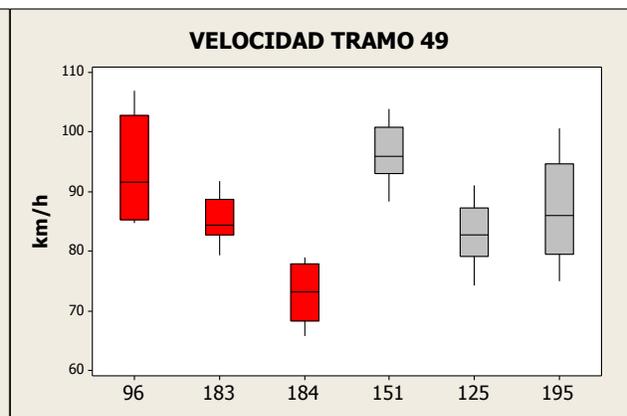
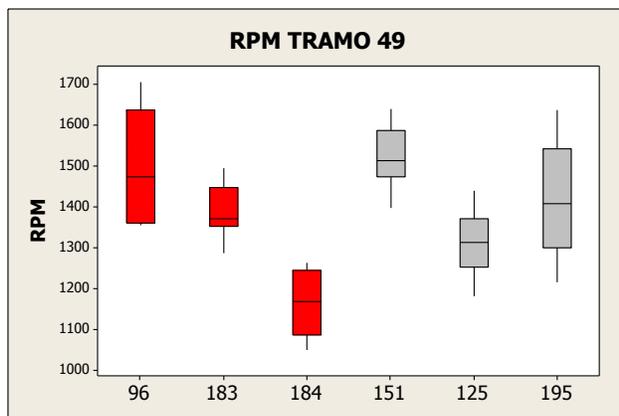


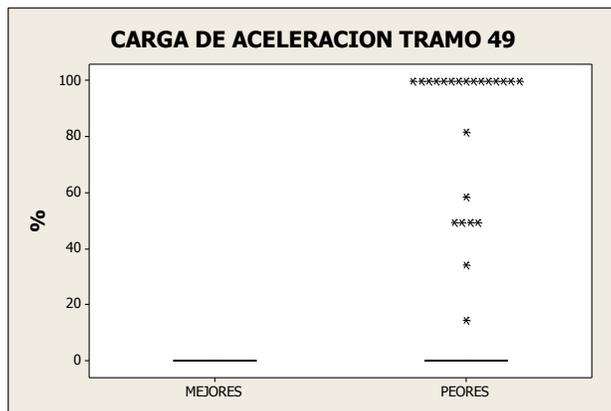
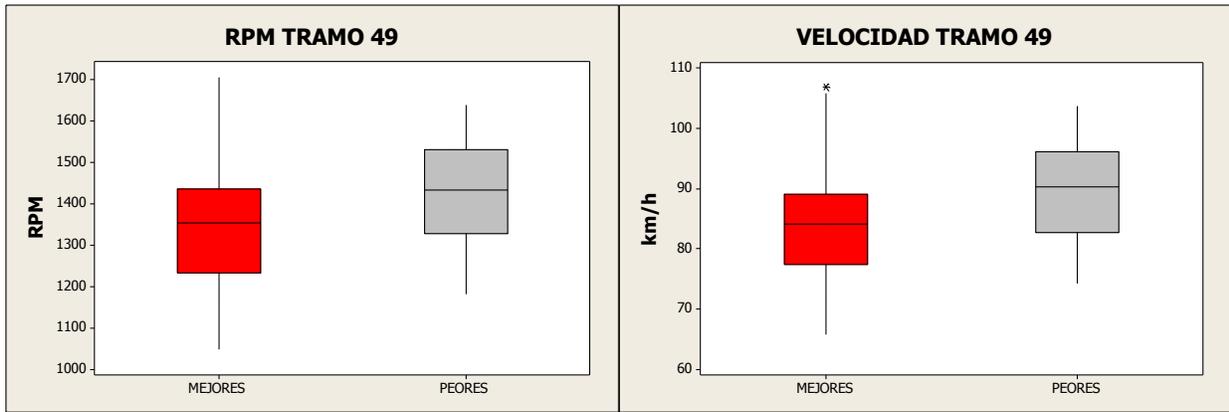
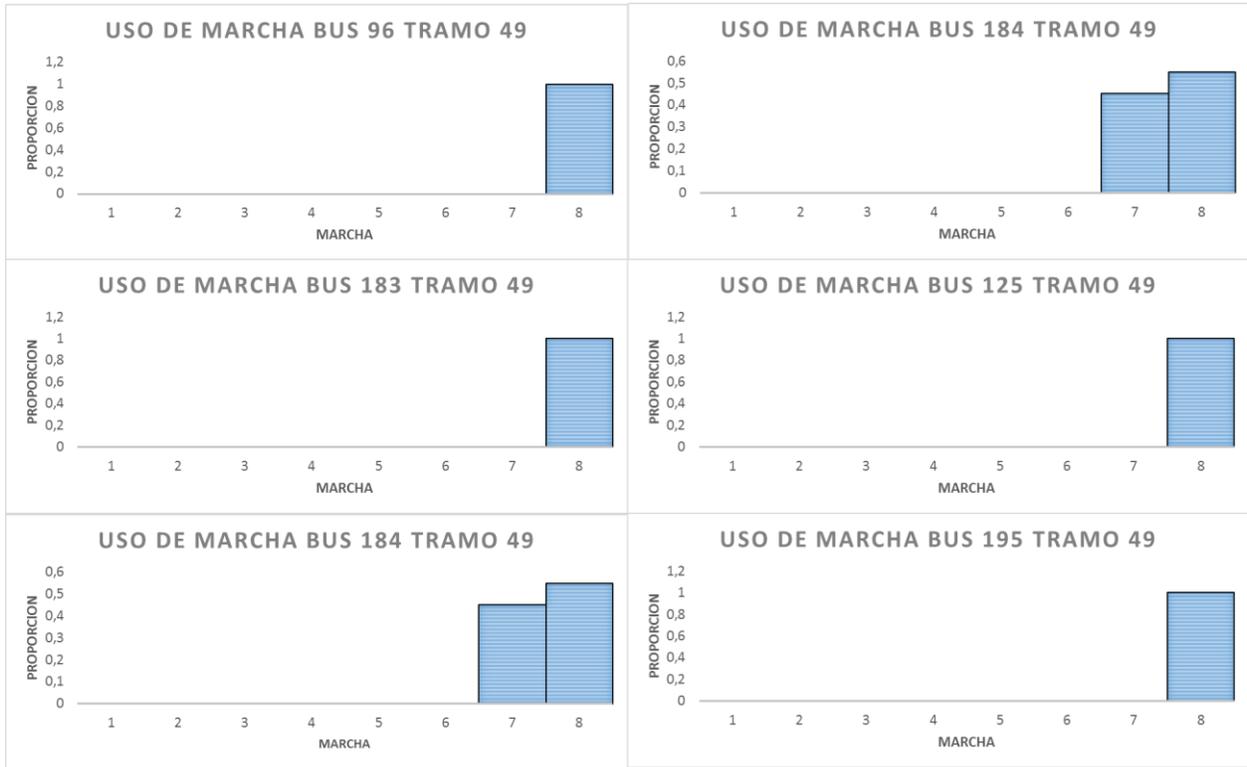


TRAMO 49



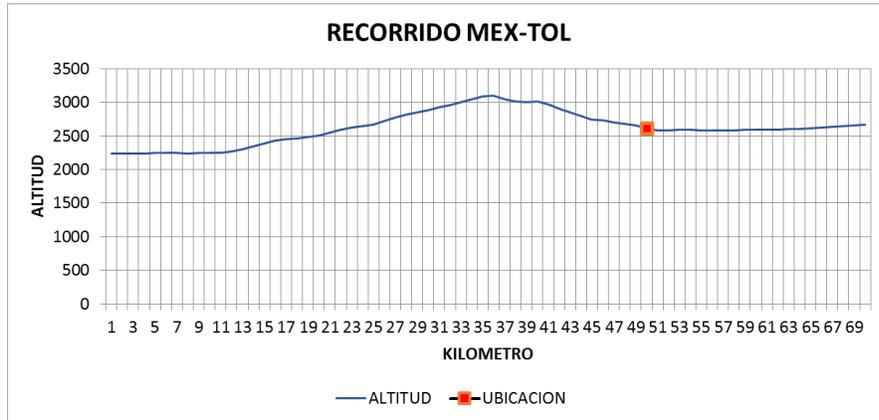
	MEJORES			PEORES		
Bus	96	183	184	151	125	195
SFC	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08	0,10



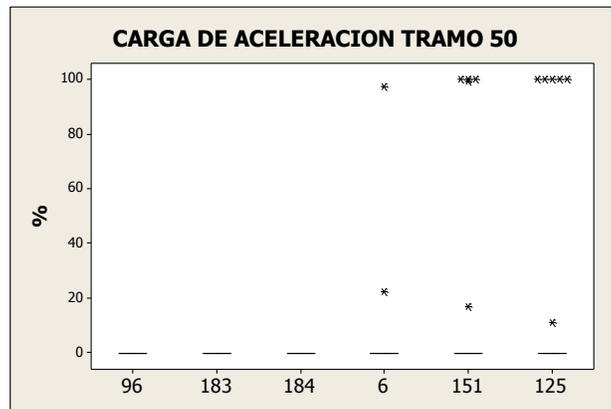
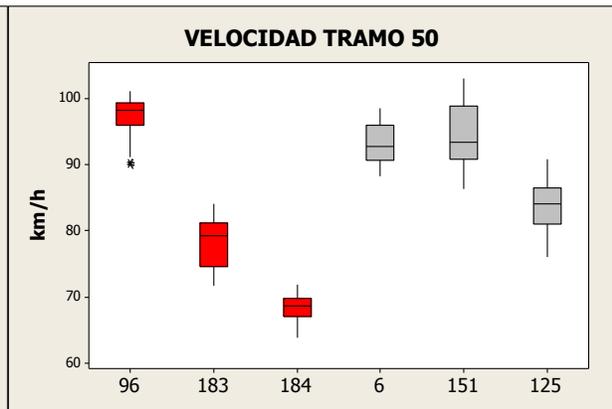
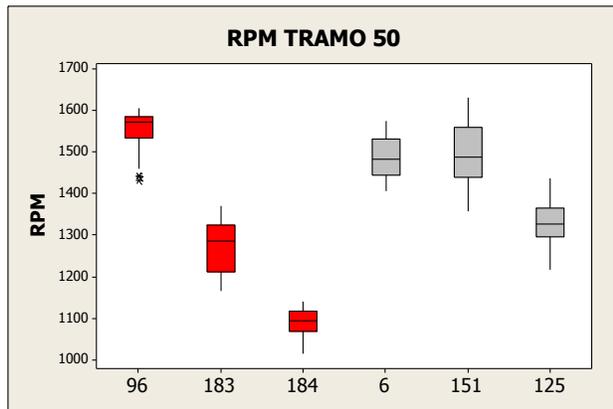


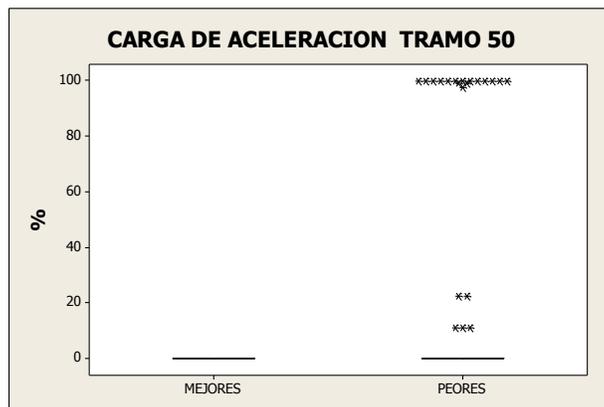
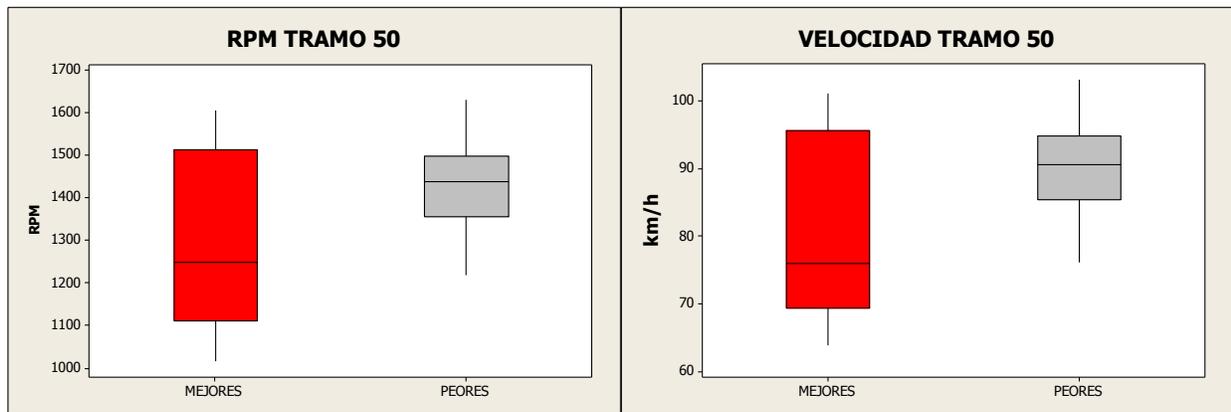
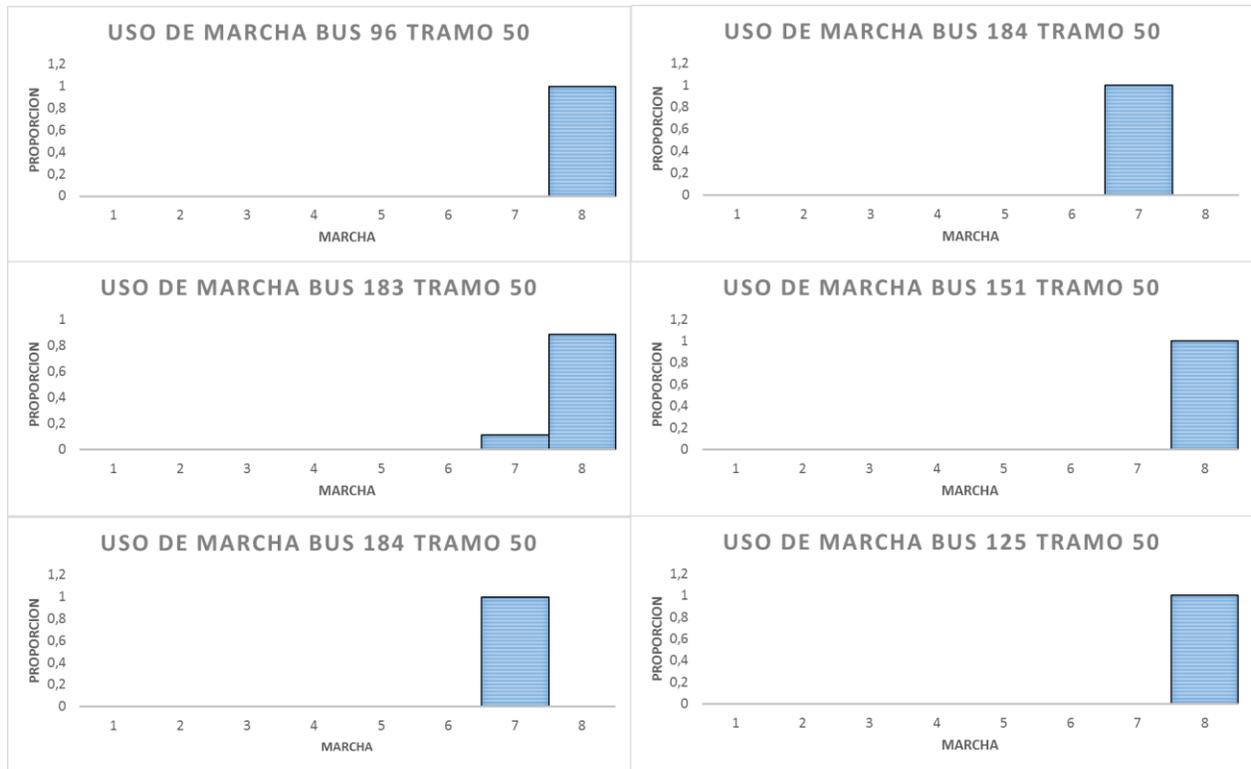


TRAMO 50



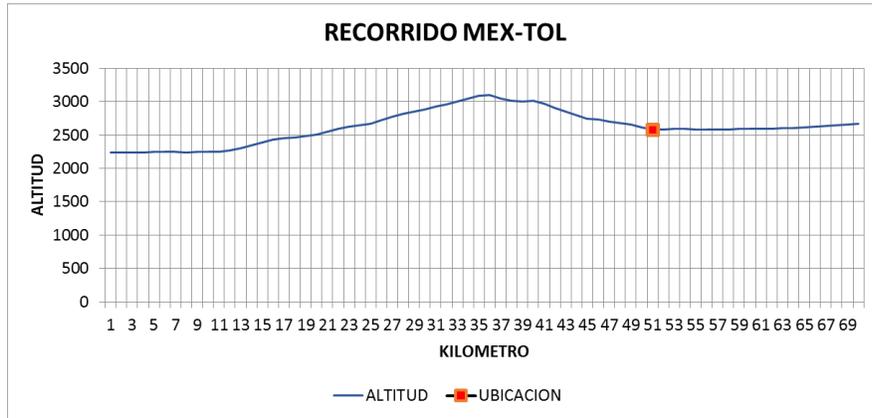
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	96	183	184	6	151	125
<b>SFC</b>	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,08



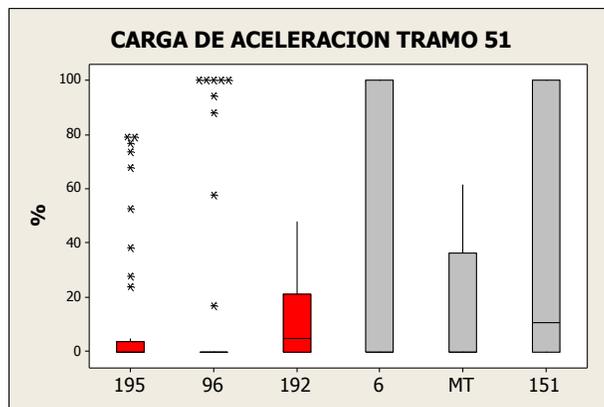
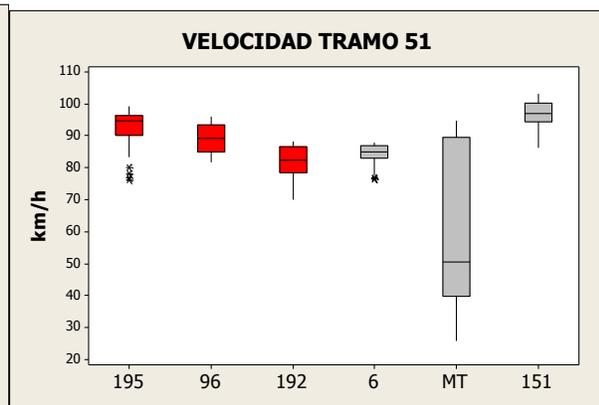
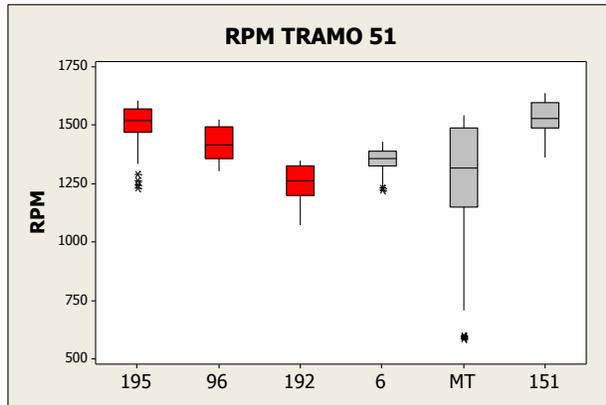


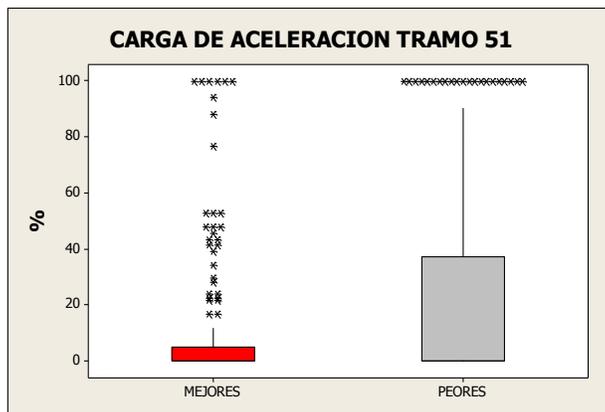
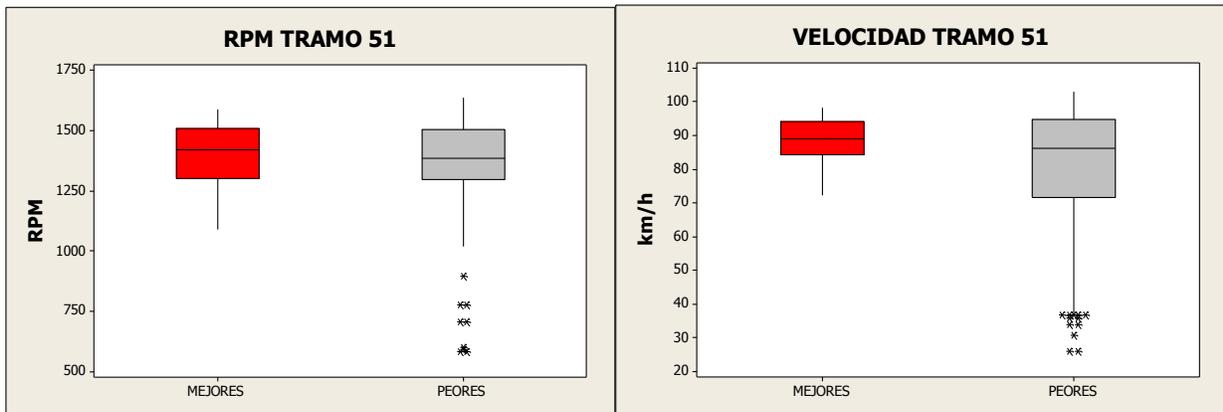
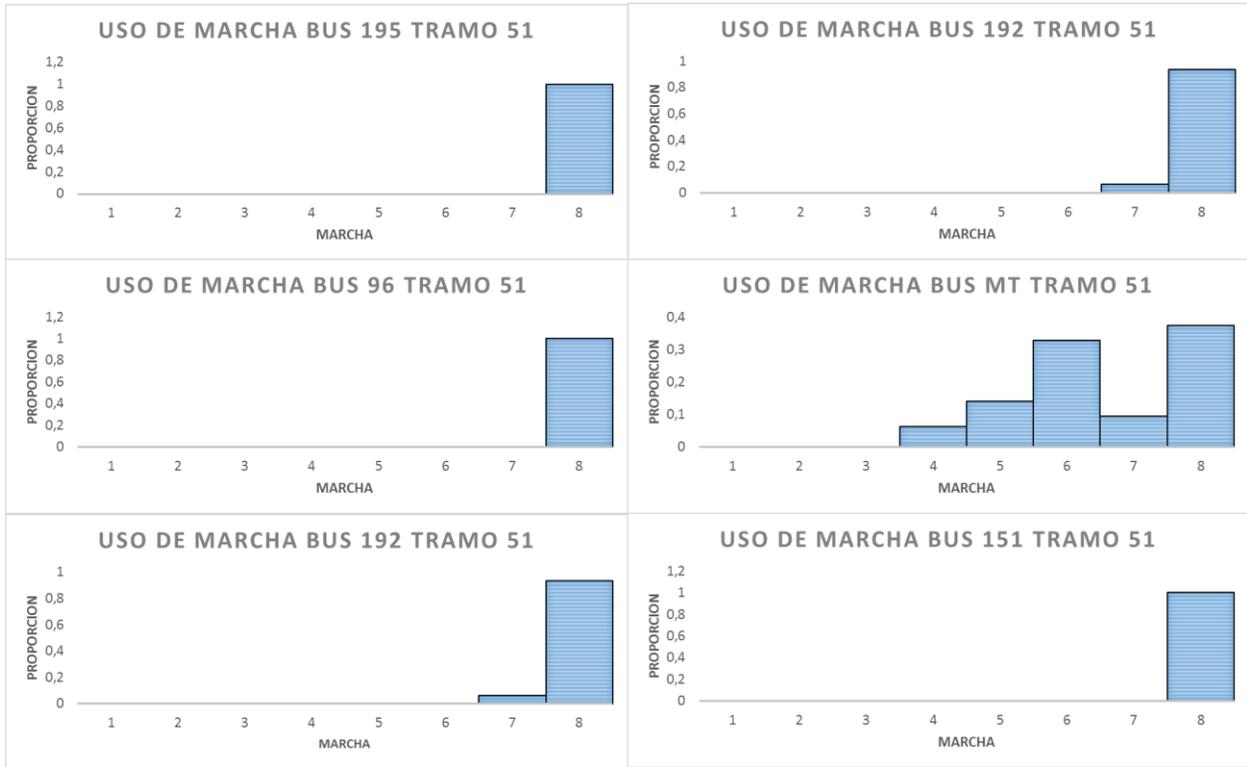


TRAMO 51



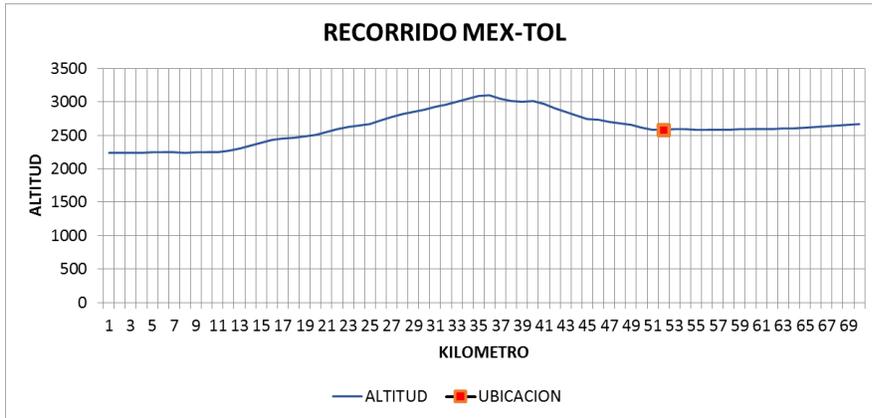
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	195	96	192	6	MT	151
<b>SFC</b>	0,05	0,10	0,11	0,23	0,25	0,32



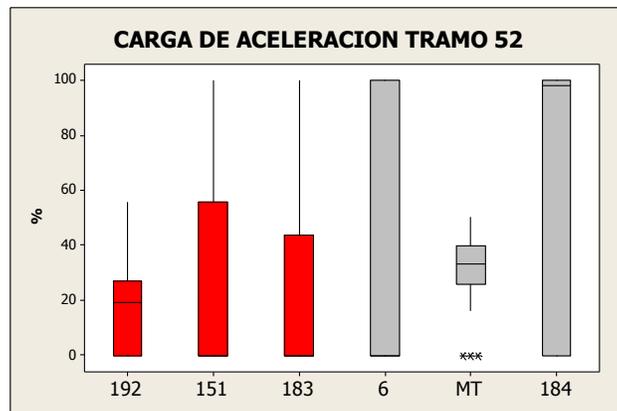
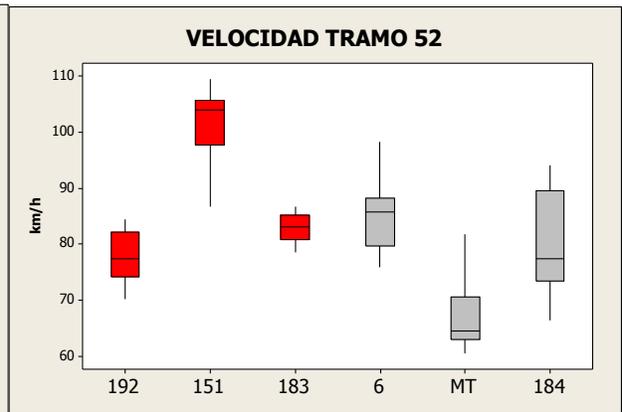
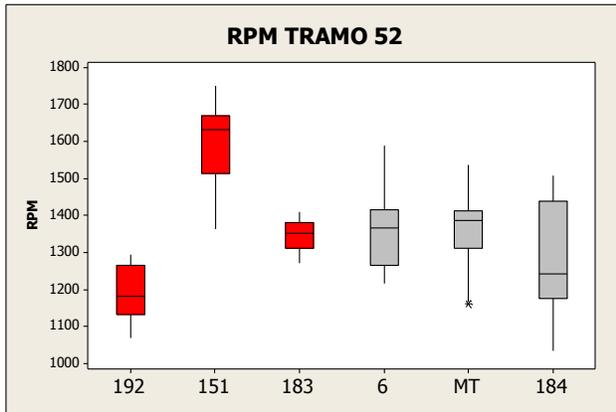


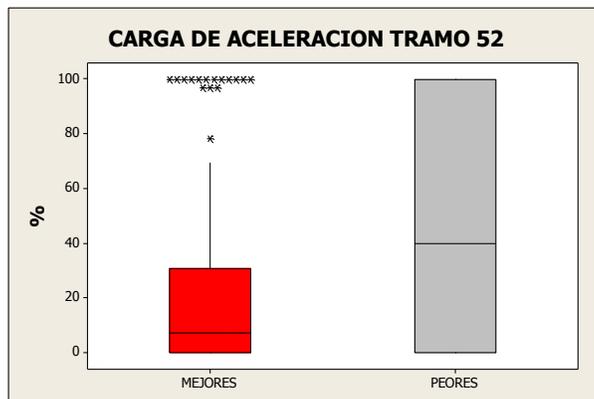
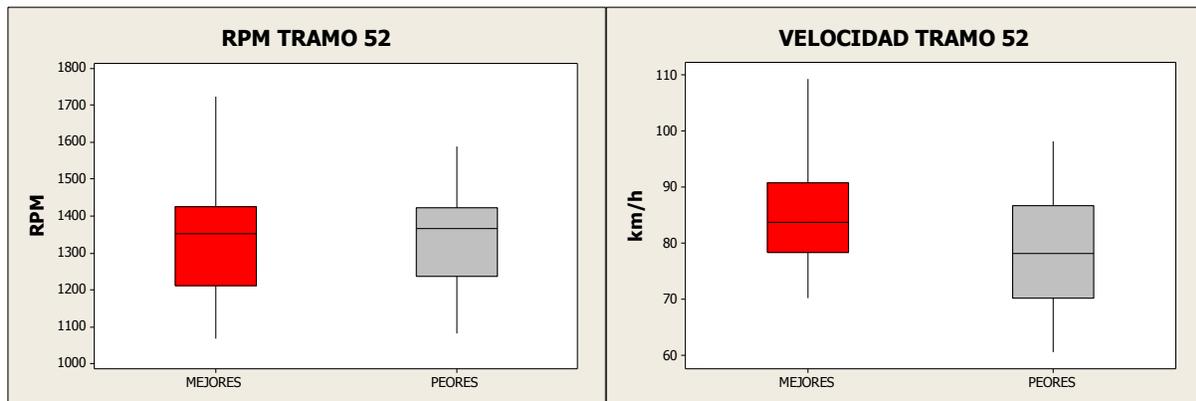
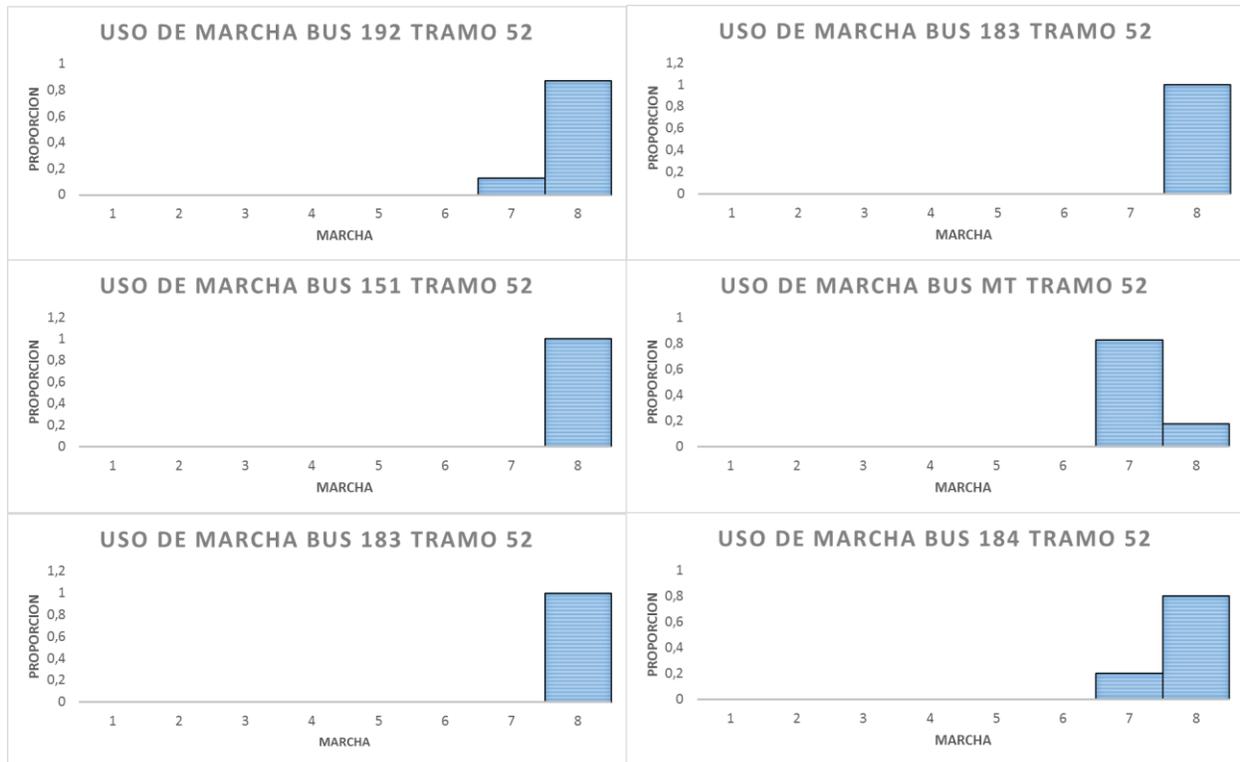


TRAMO 52



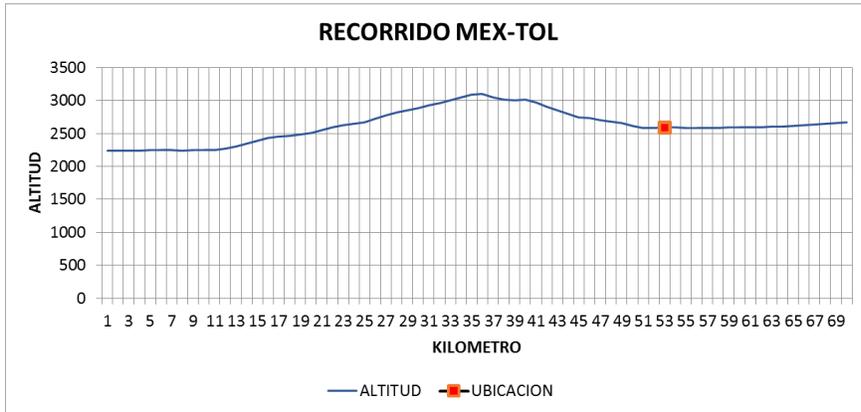
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	192	151	183	6	MT	184
<b>SFC</b>	0,15	0,15	0,19	0,38	0,38	0,41



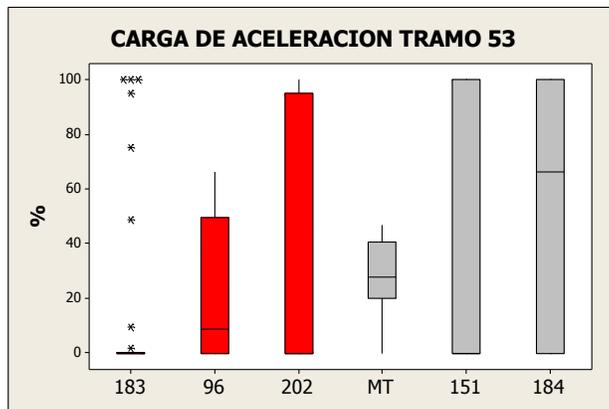
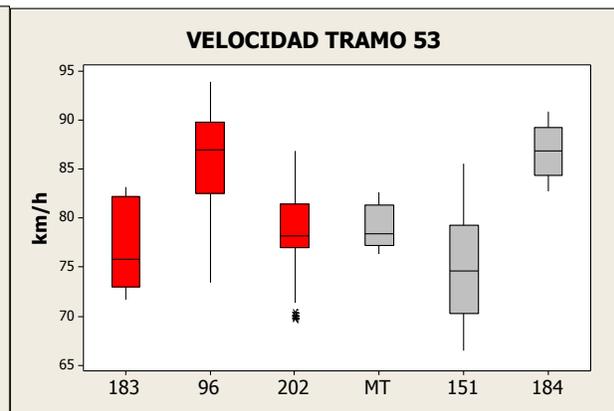
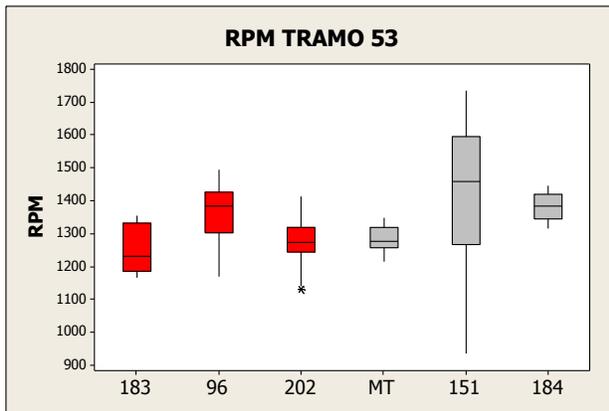


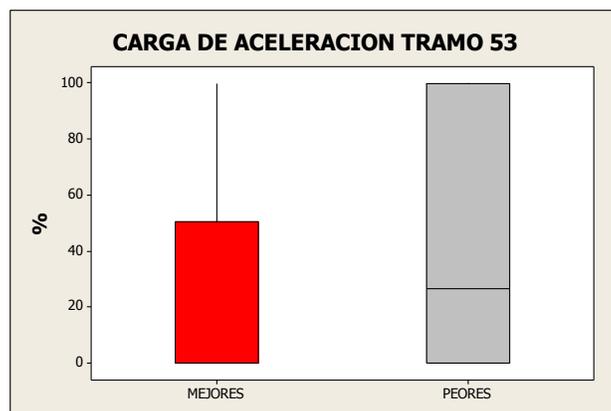
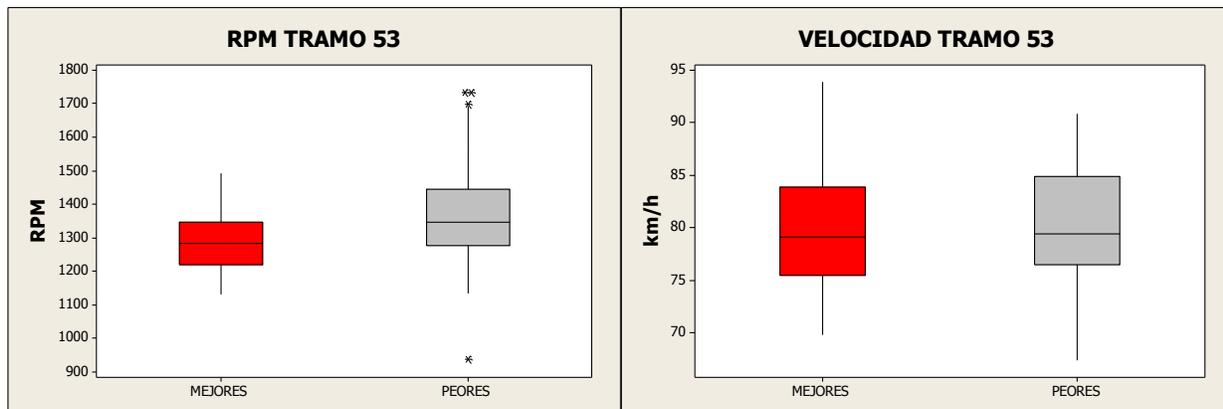
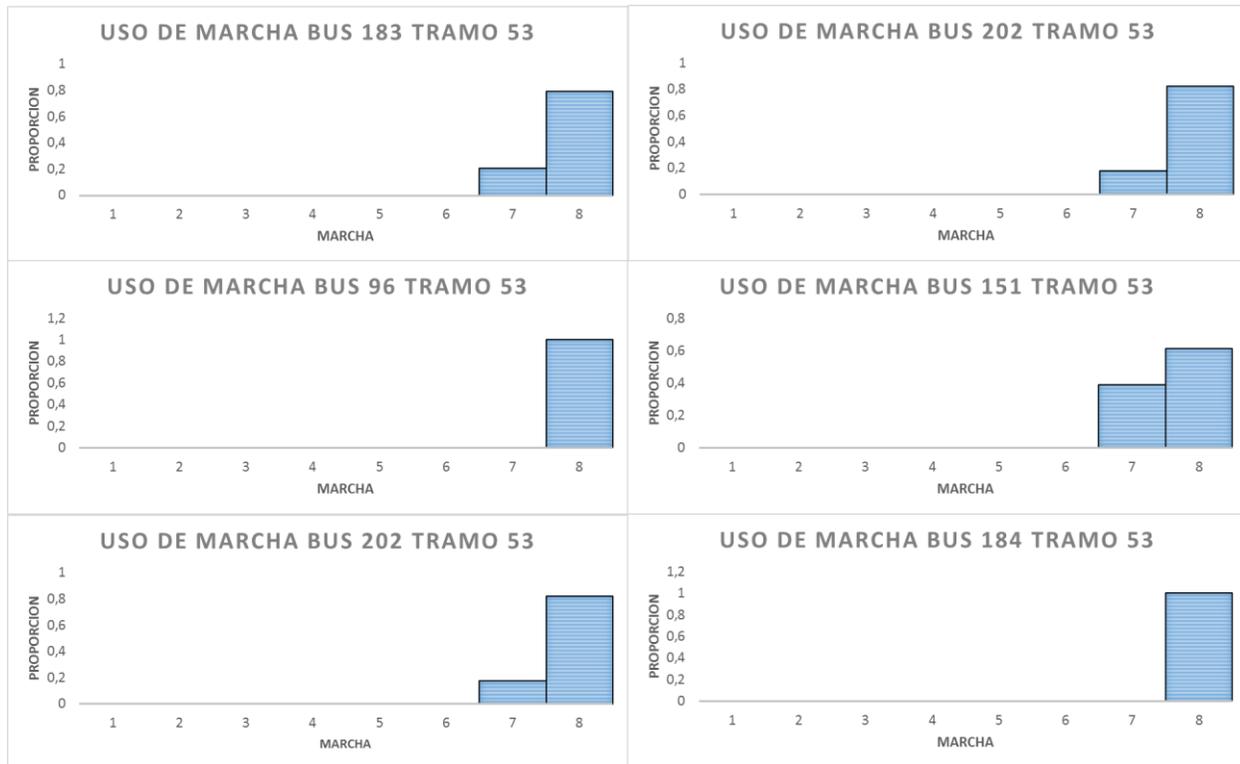


TRAMO 53



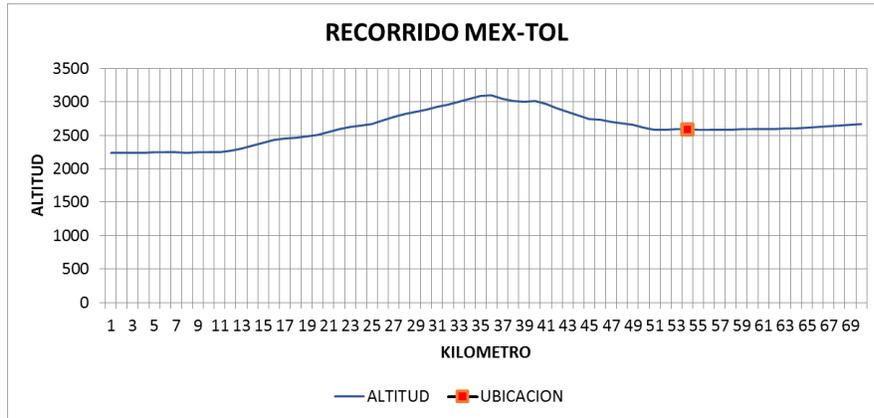
	MEJORES			PEORES		
Bus	183	96	202	MT	151	184
SFC	0,19	0,21	0,21	0,30	0,31	0,34



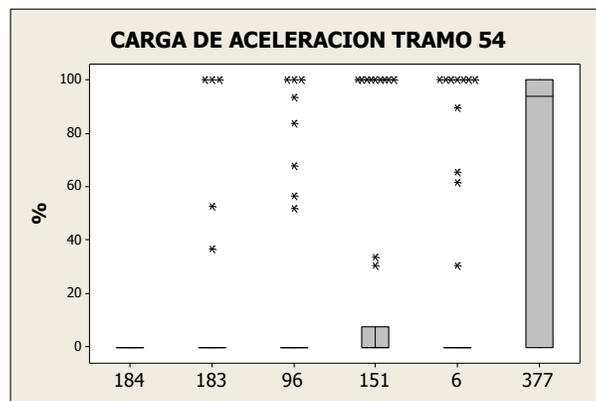
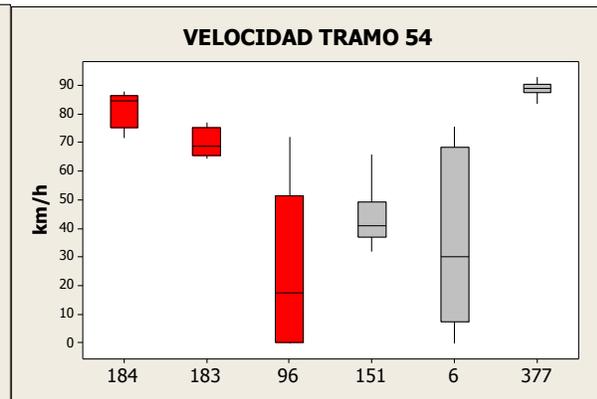
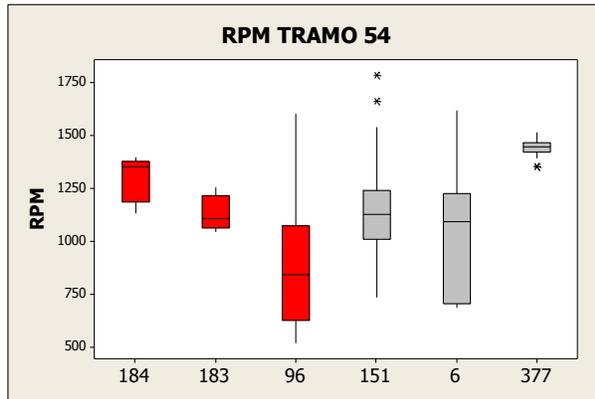


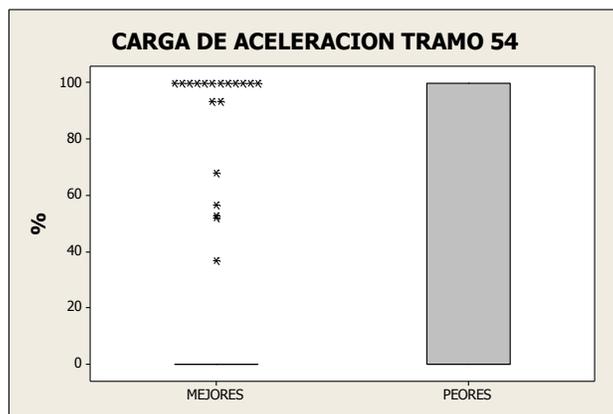
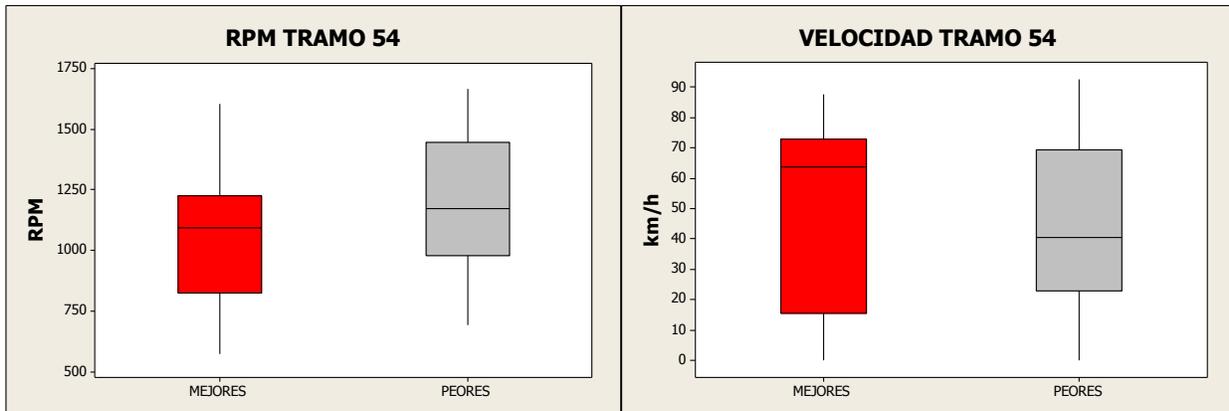
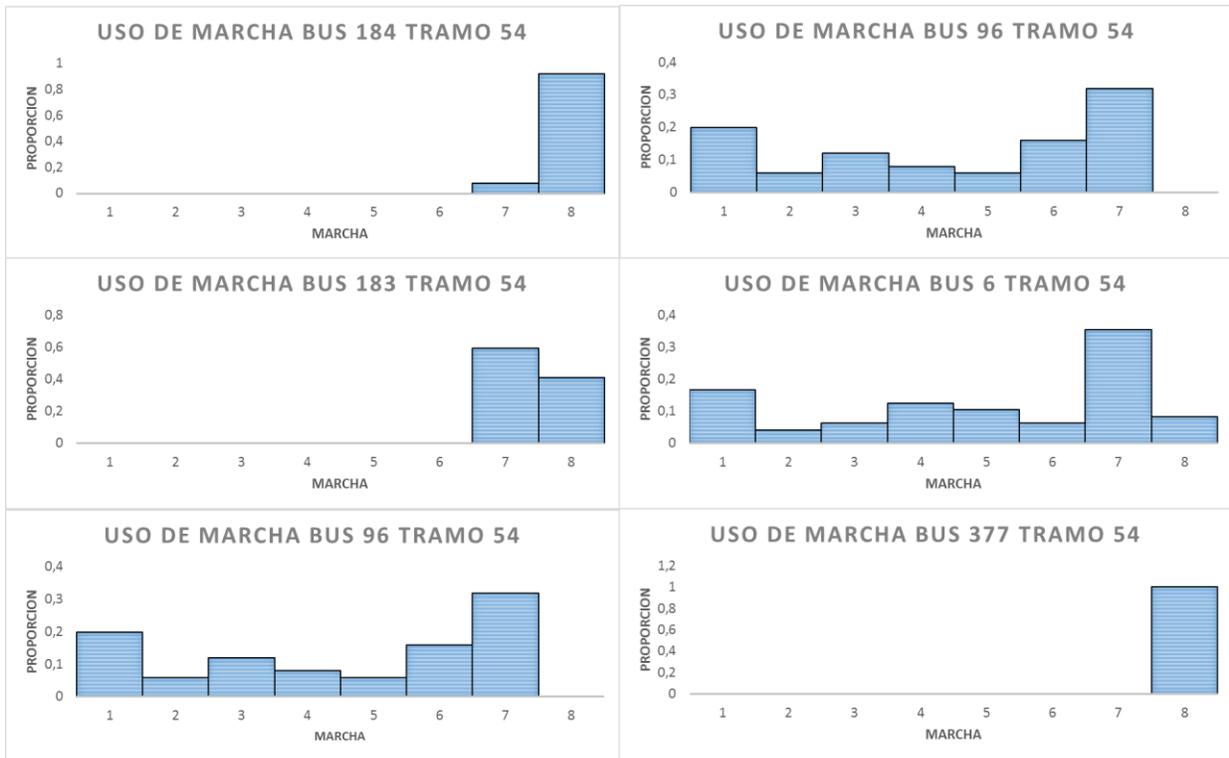


TRAMO 54



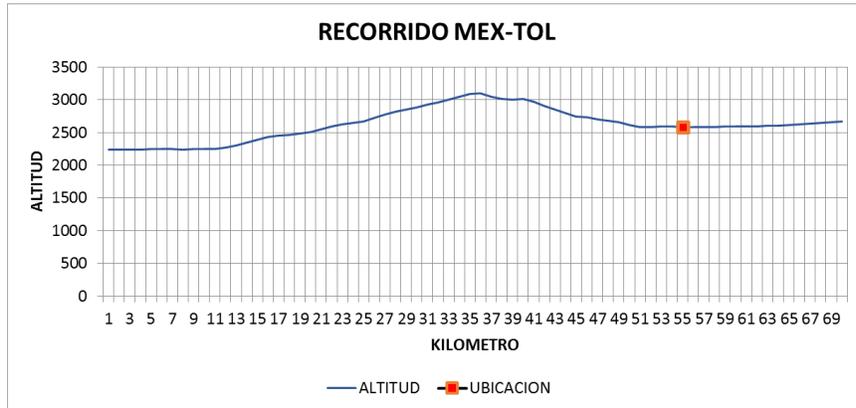
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	184	183	96	151	6	377
<b>SFC</b>	0,00	0,07	0,12	0,20	0,20	0,25



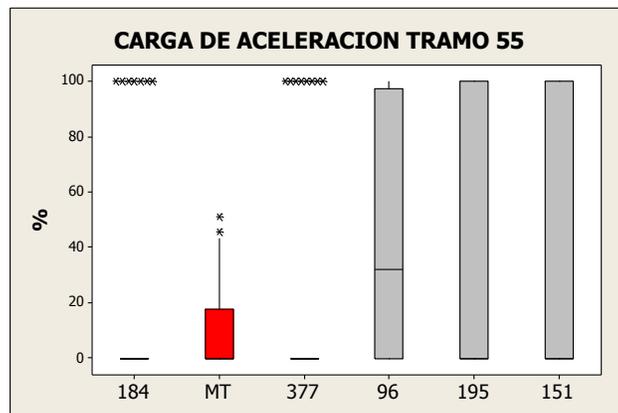
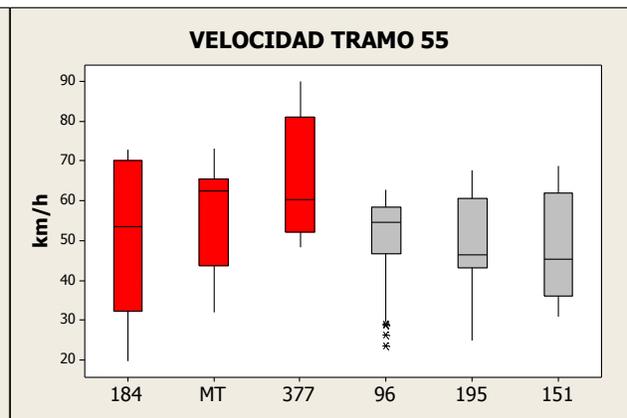
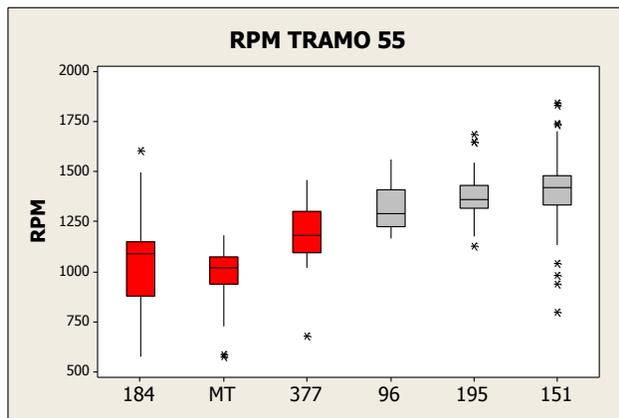


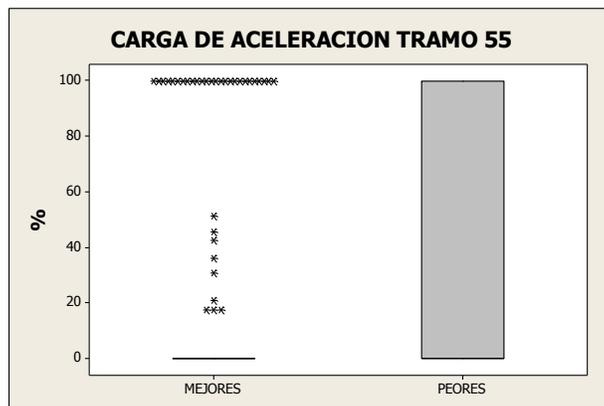
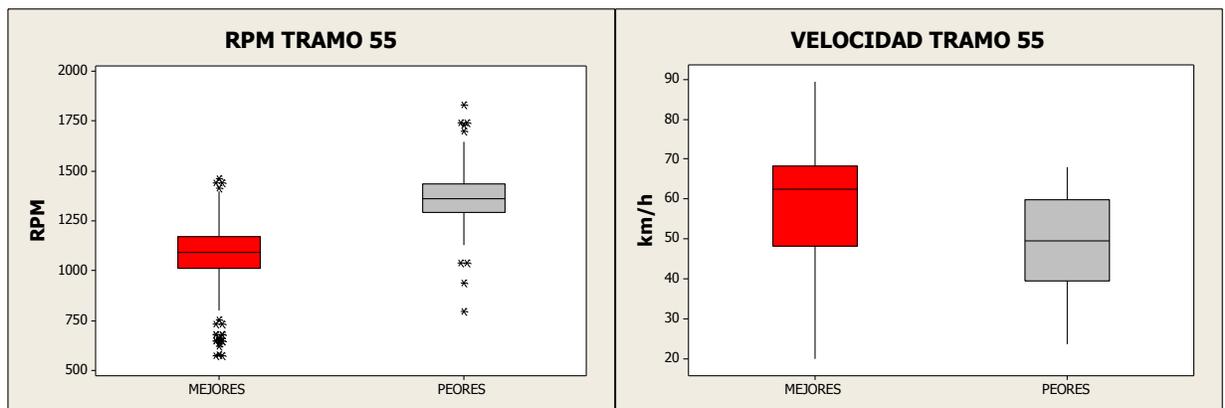
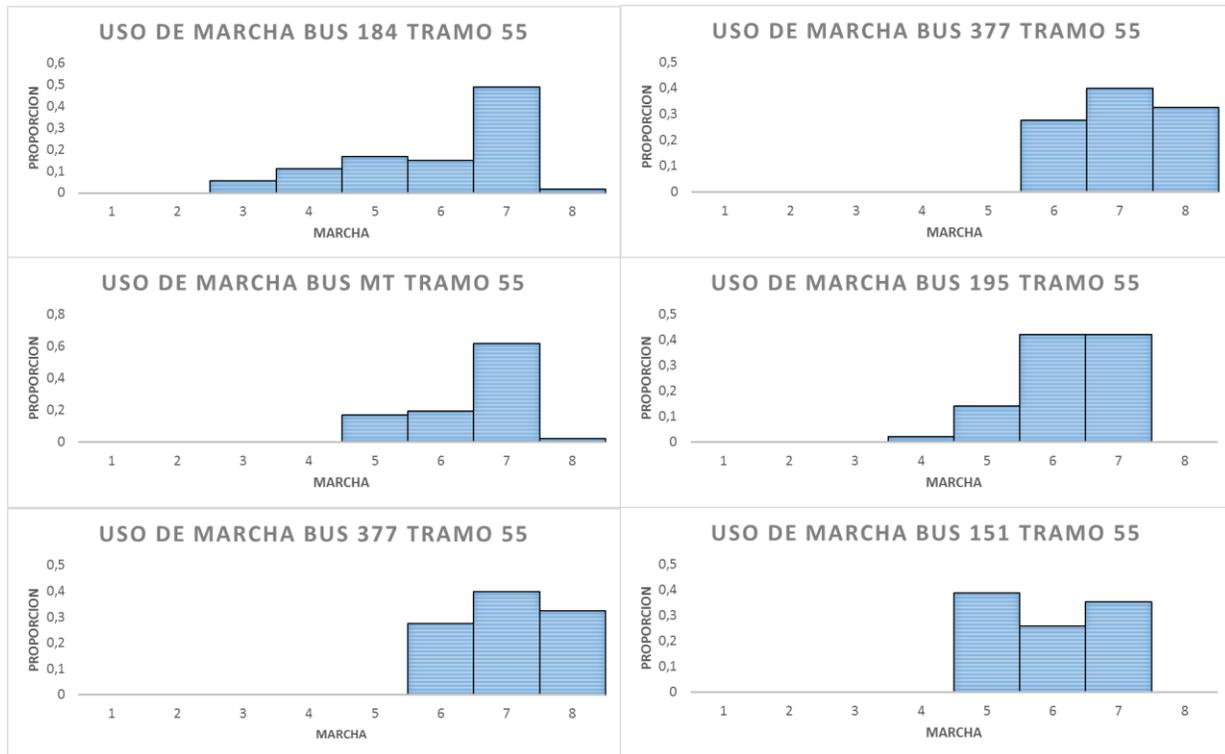


TRAMO 55



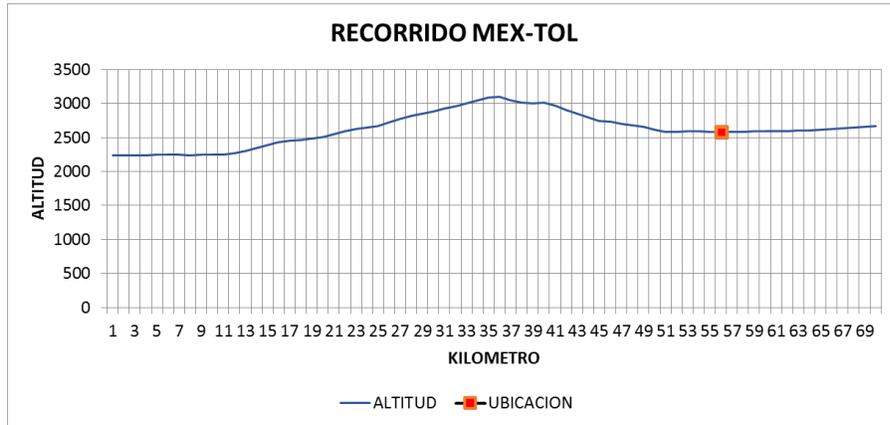
	MEJORES			PEORES		
Bus	184	MT	377	96	195	151
SFC	0,10	0,11	0,12	0,36	0,39	0,54



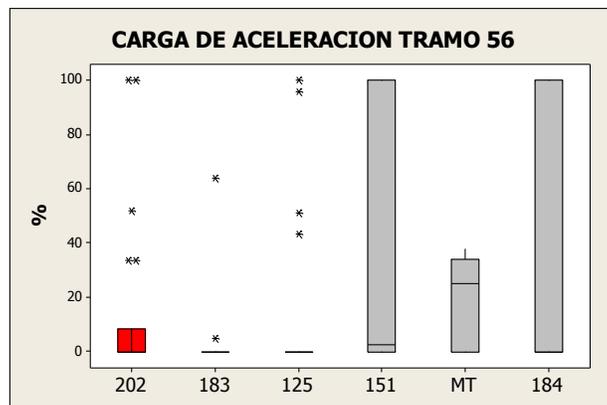
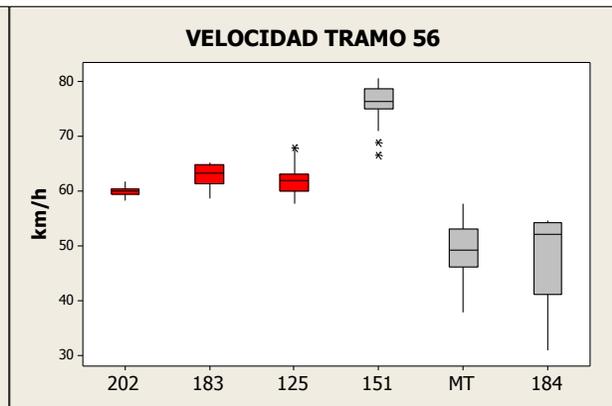
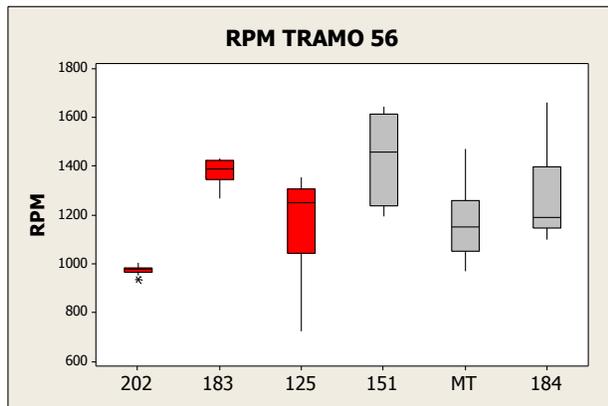


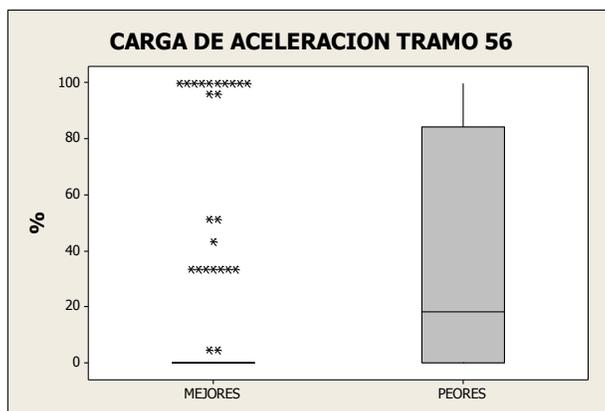
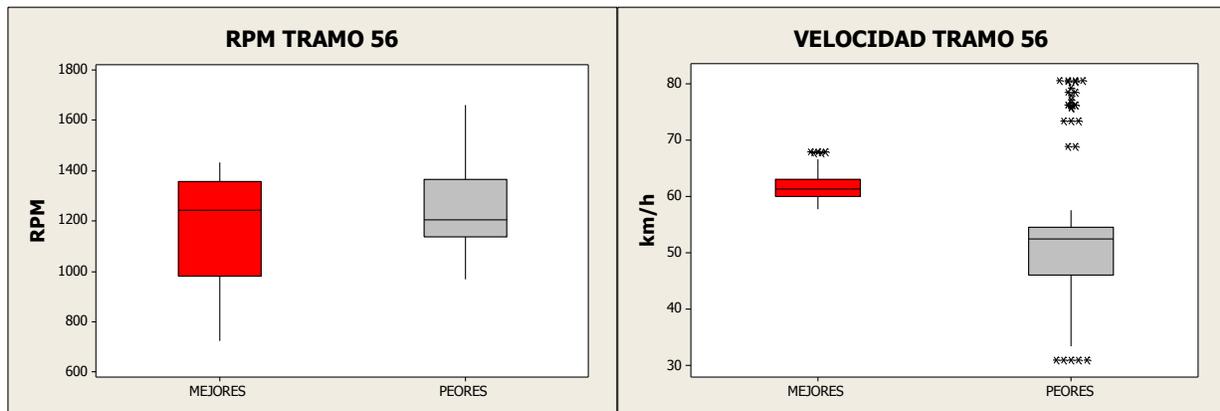
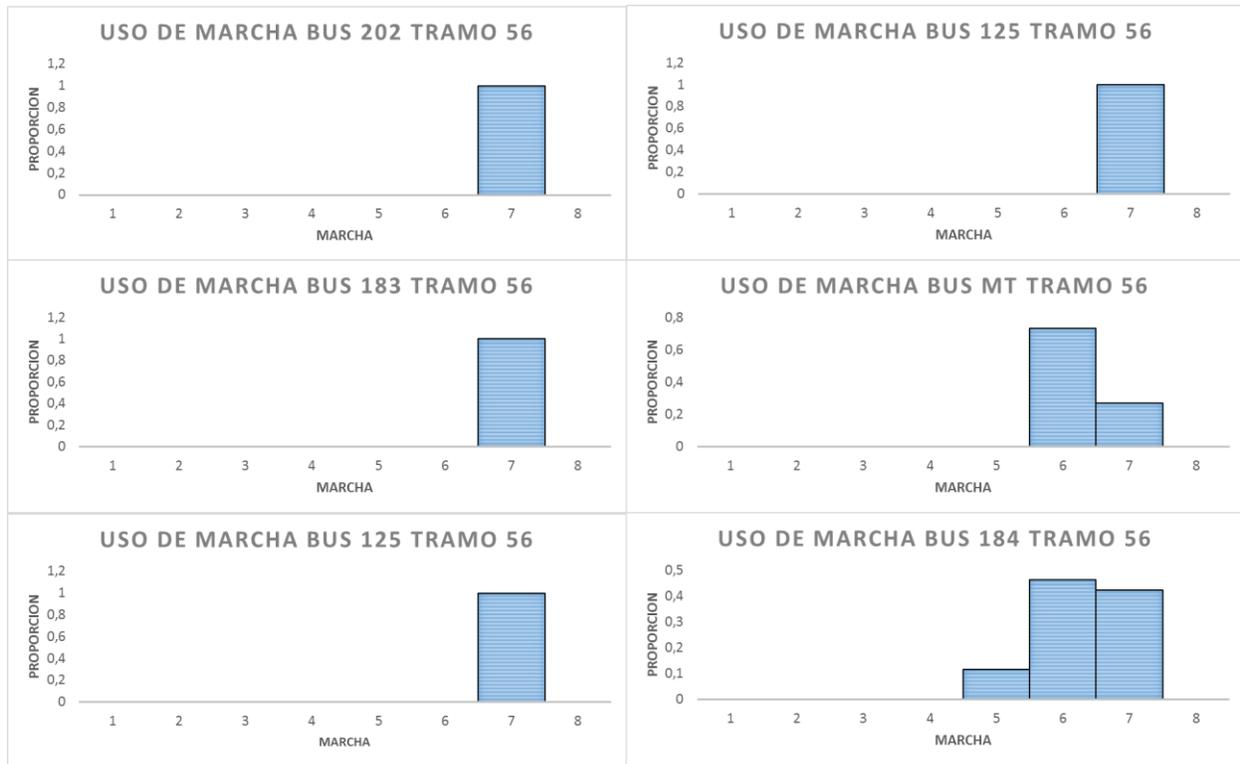


TRAMO 56



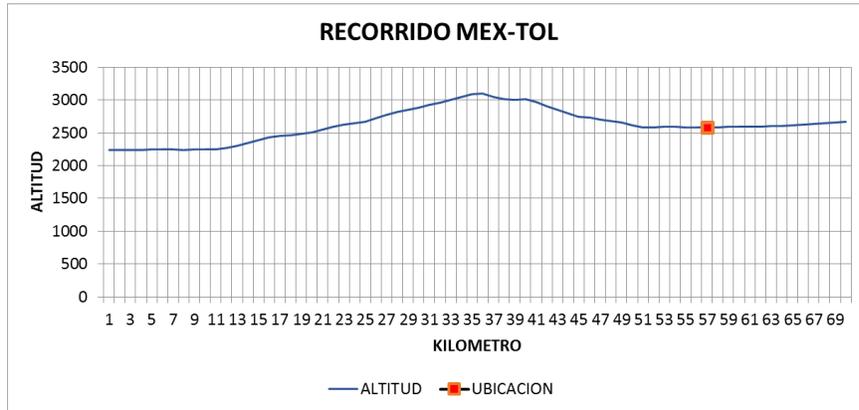
	MEJORES			PEORES		
Bus	202	183	125	151	MT	184
SFC	0,04	0,10	0,12	0,38	0,44	0,50



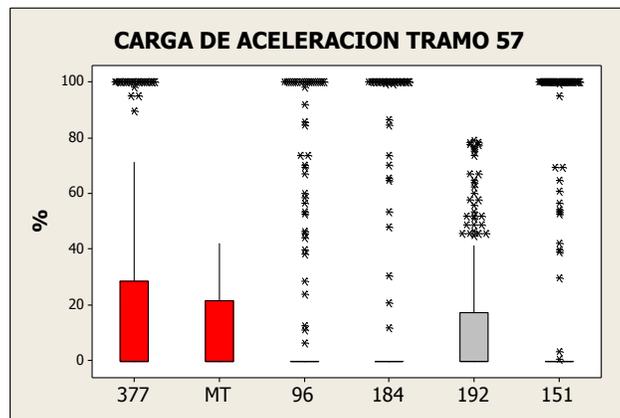
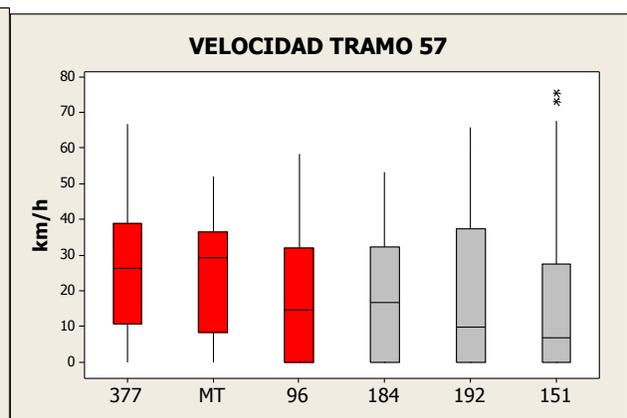
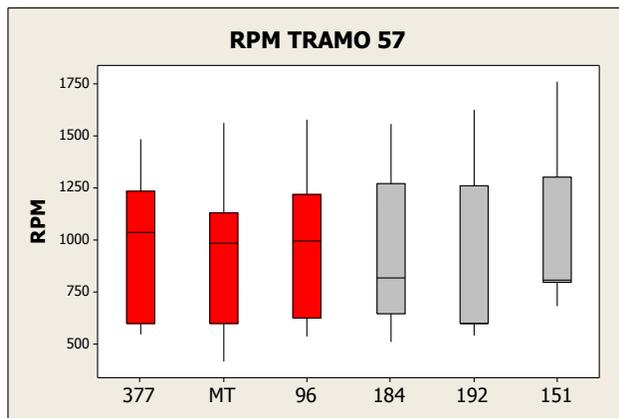


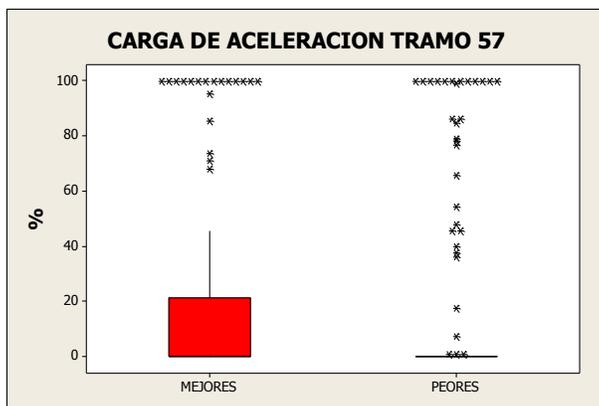
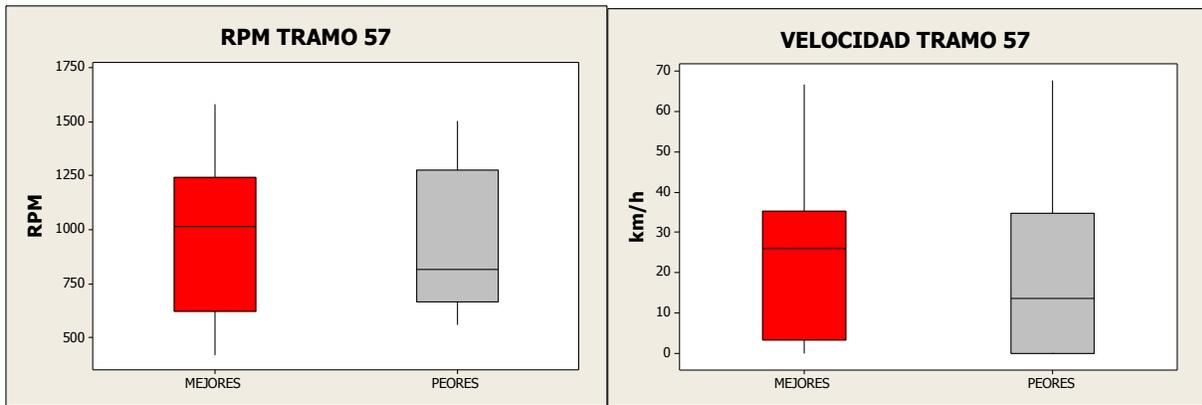
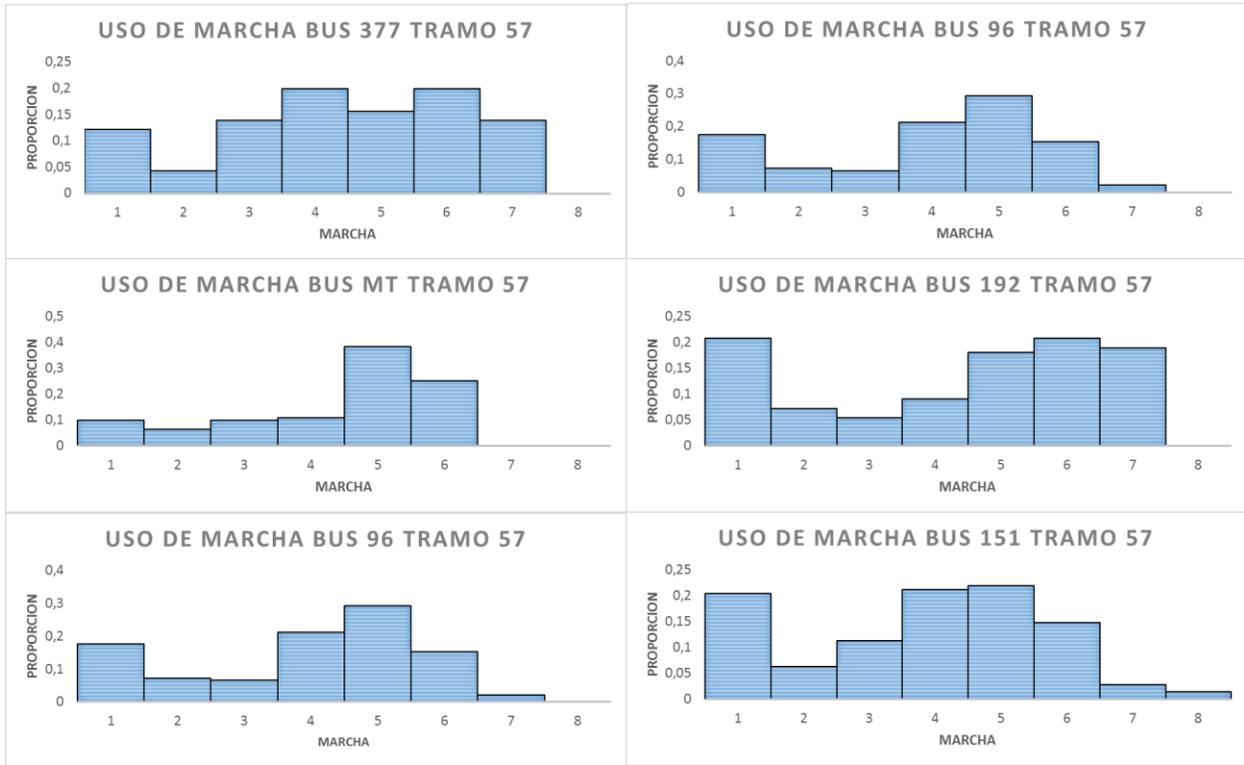


TRAMO 57



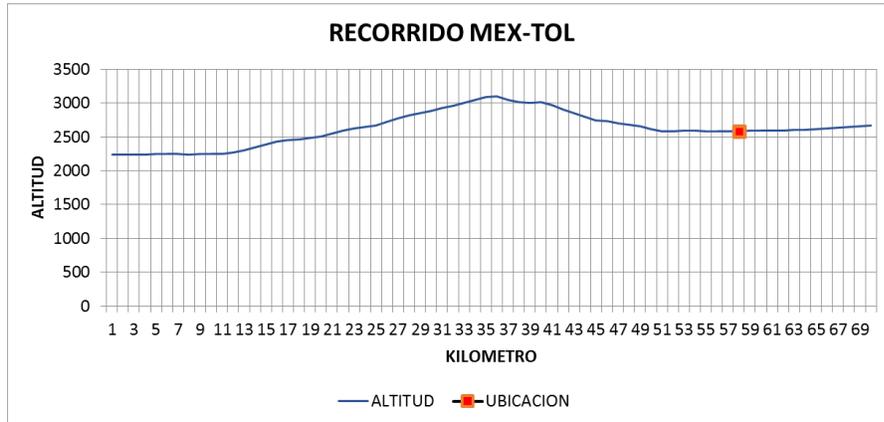
	MEJORES			PEORES		
Bus	377	MT	96	184	192	151
SFC	0,31	0,33	0,33	0,48	0,50	0,61



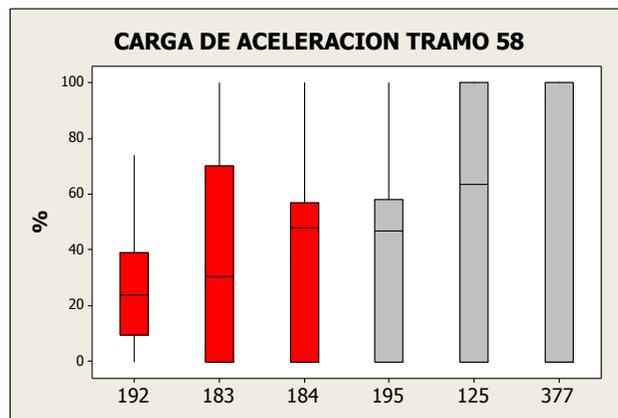
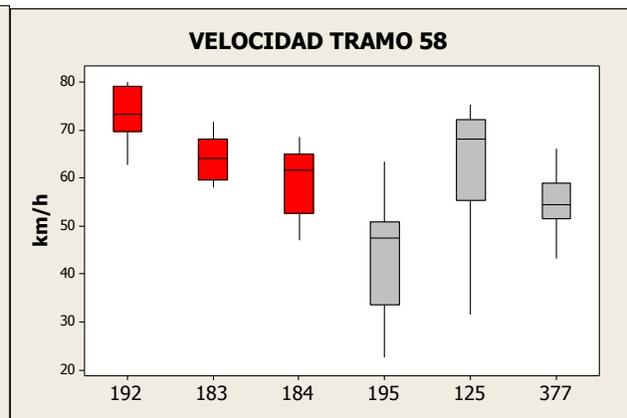
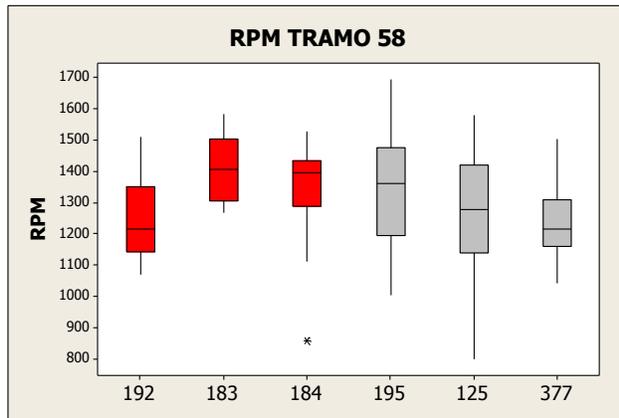


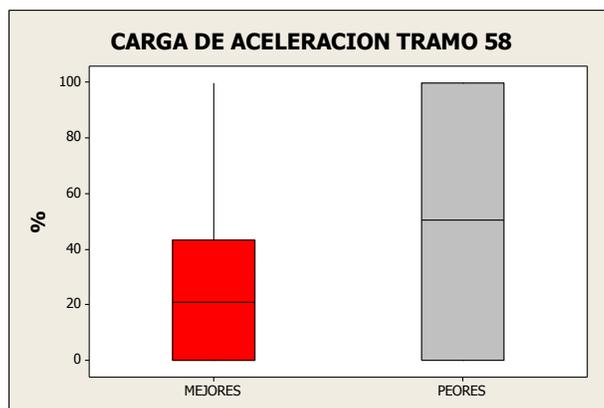
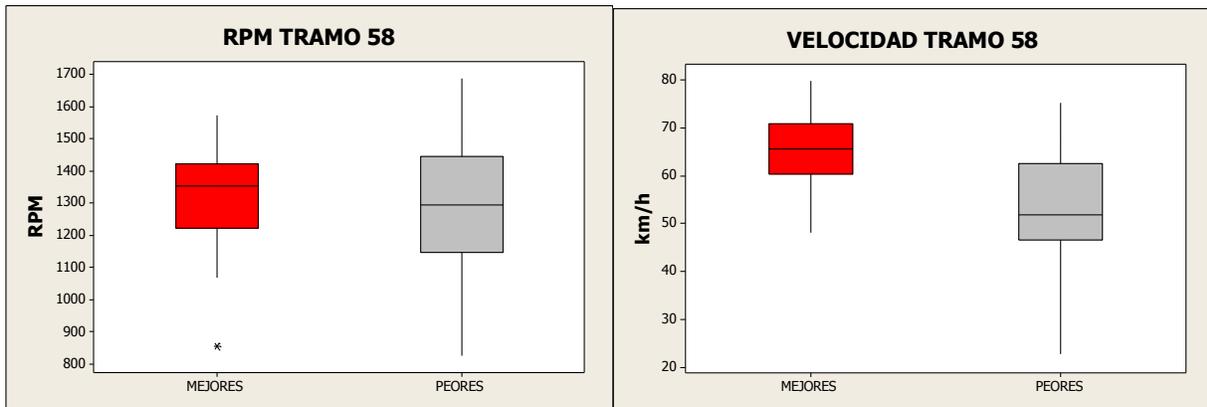
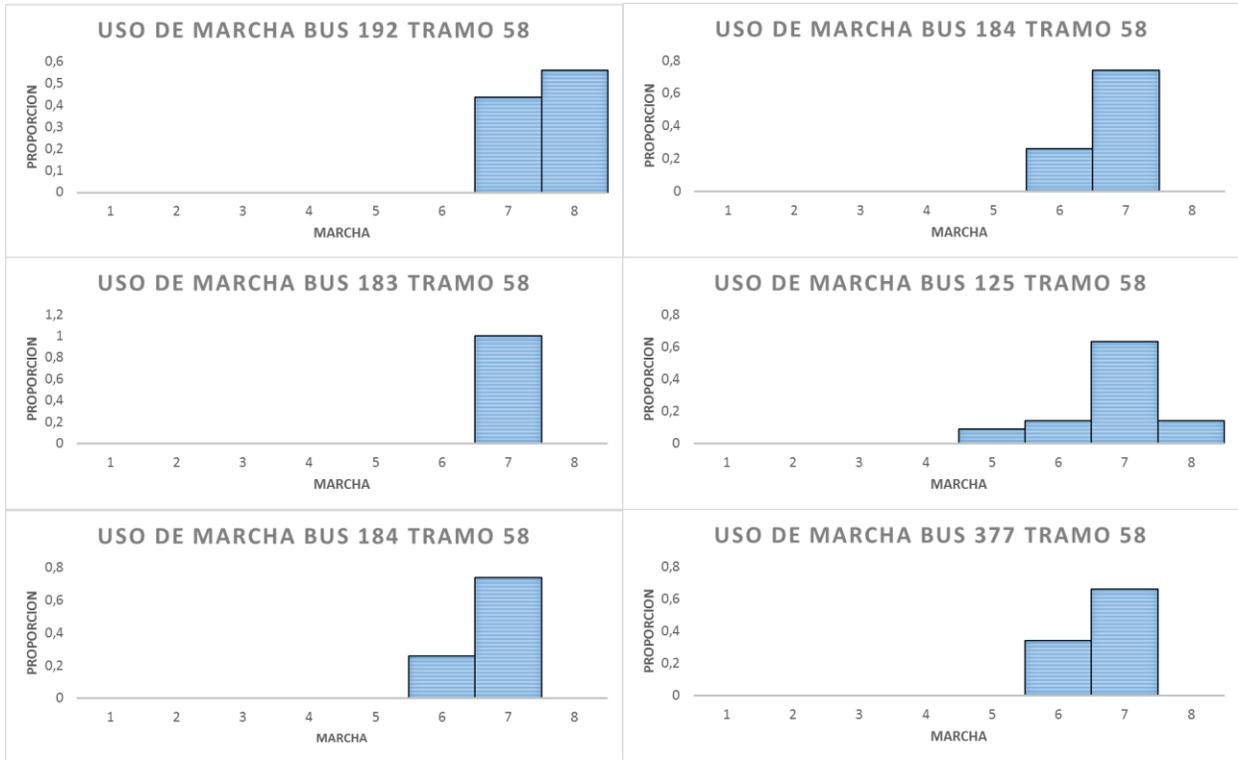


TRAMO 58



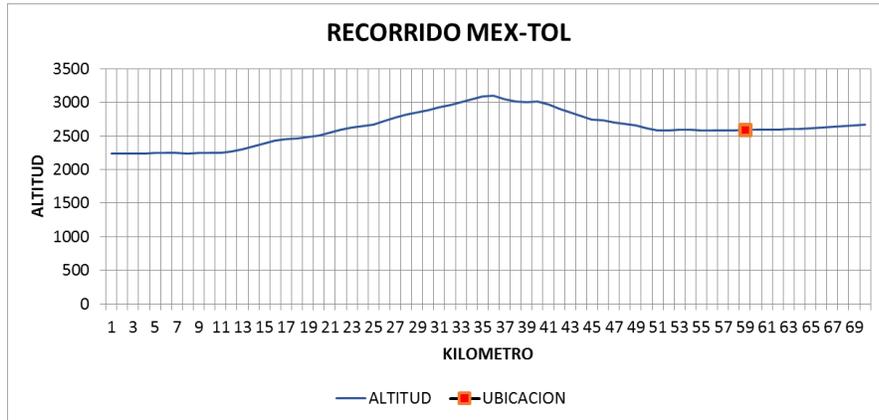
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	192	183	184	195	125	377
<b>SFC</b>	0,25	0,26	0,26	0,39	0,40	0,44



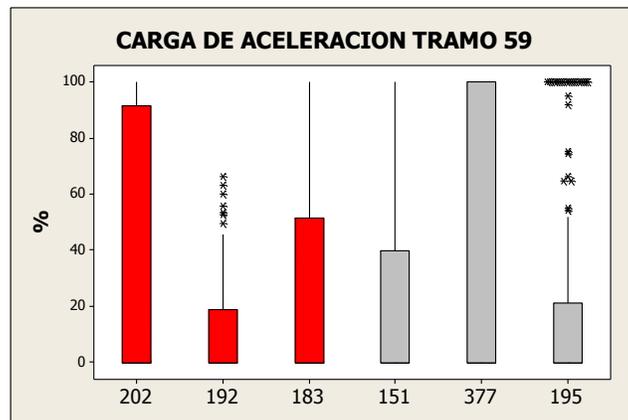
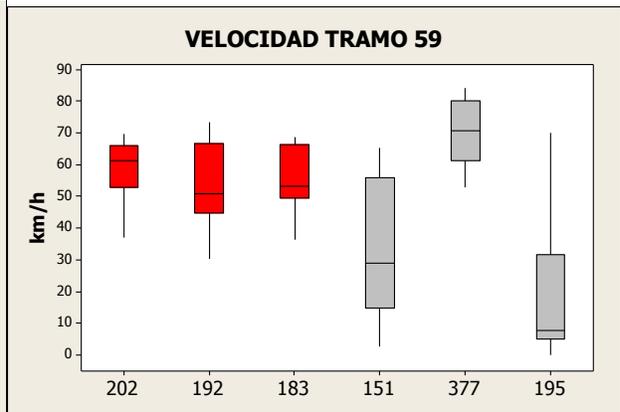
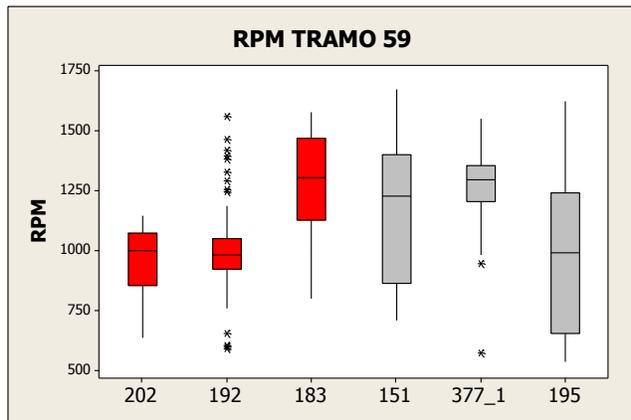


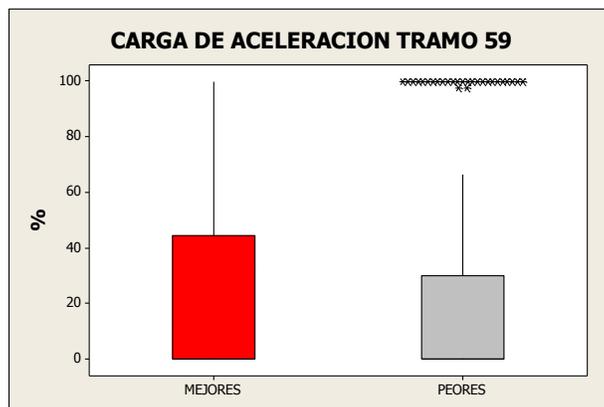
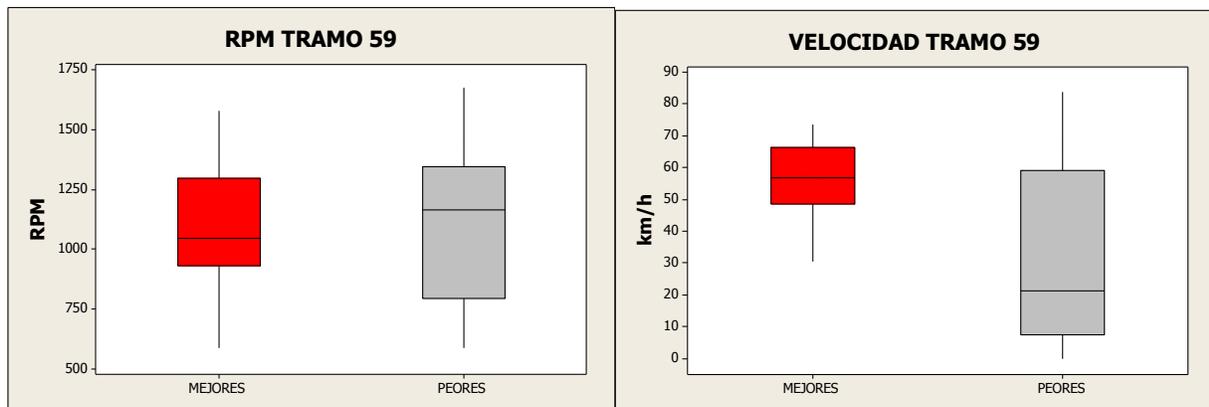
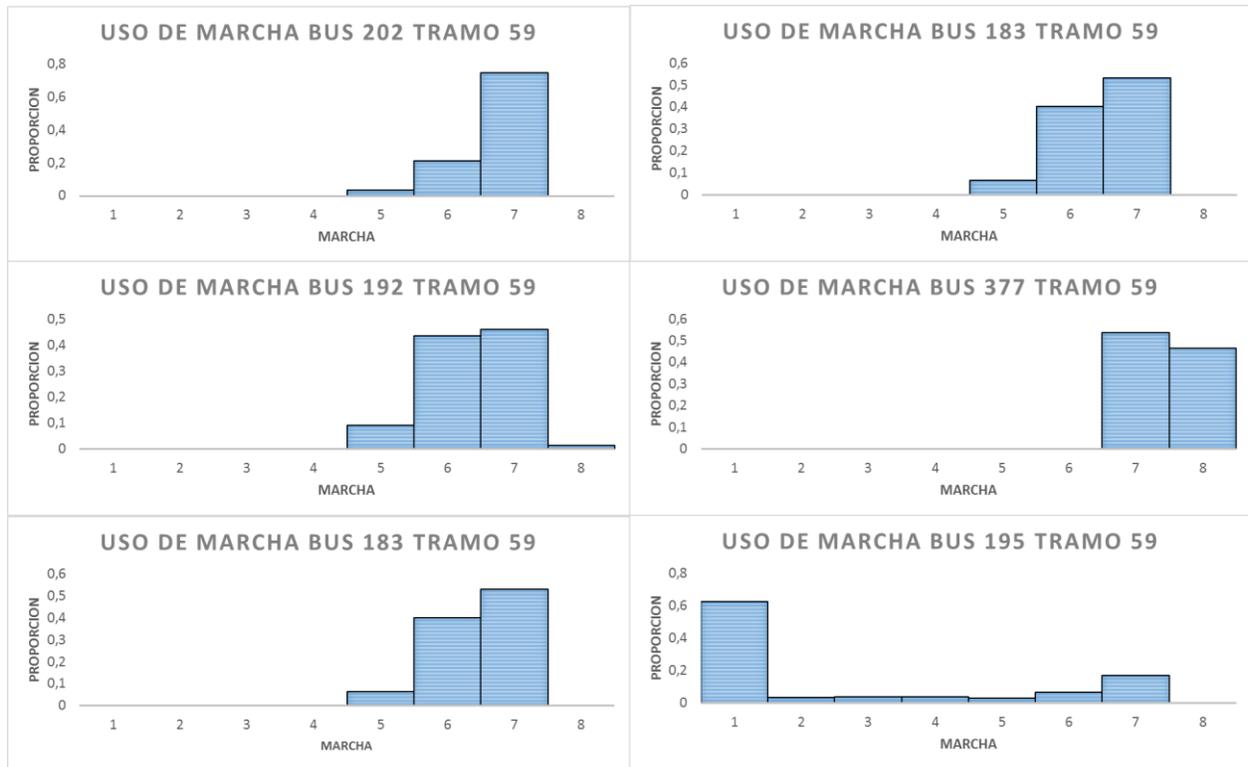


TRAMO 59



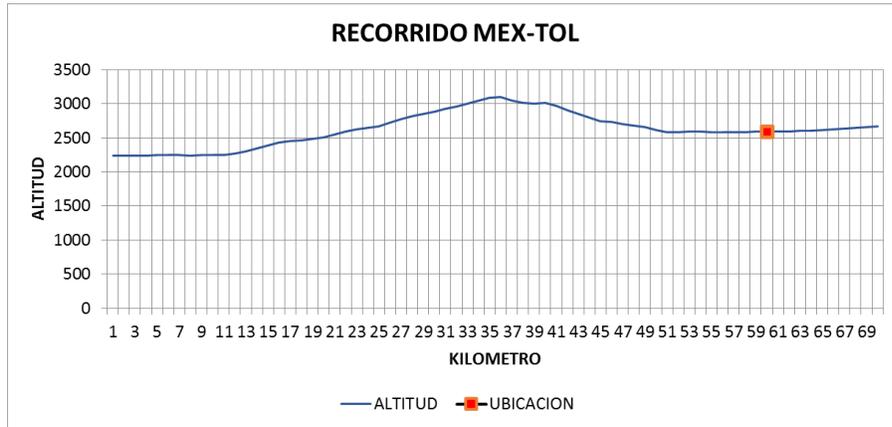
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	202	192	183	151	377	195
<b>SFC</b>	0,12	0,15	0,20	0,35	0,36	0,49



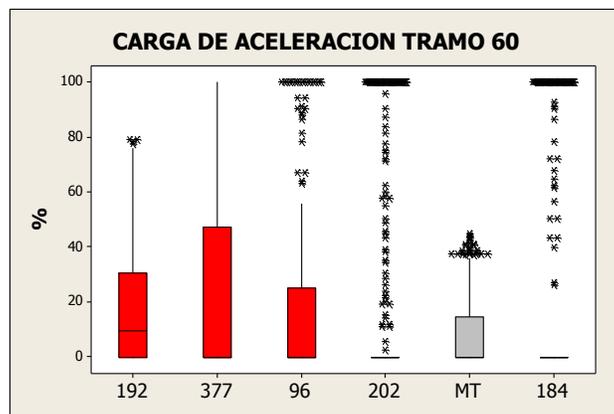
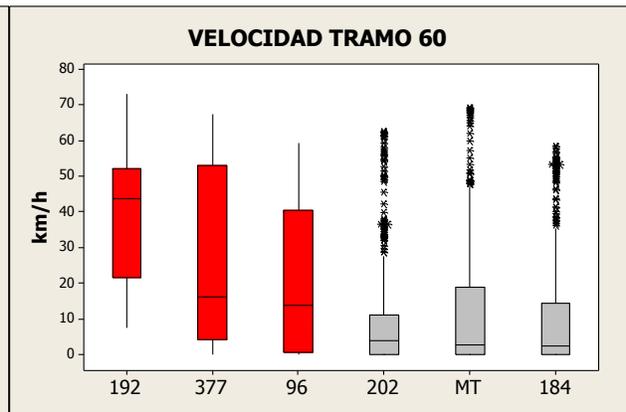
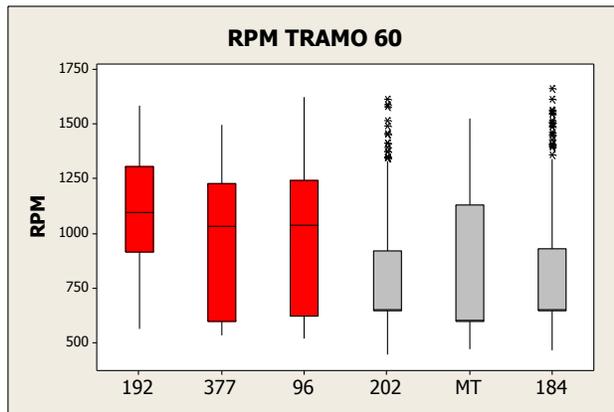


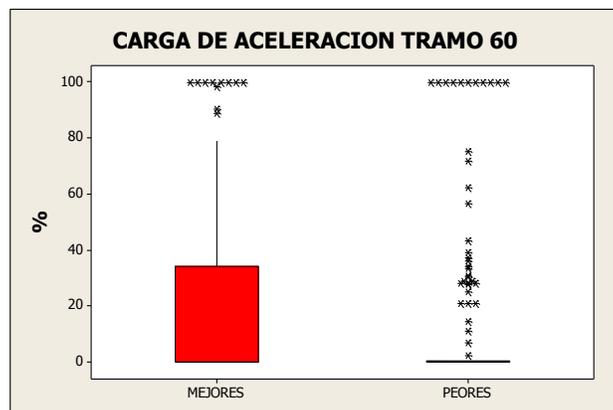
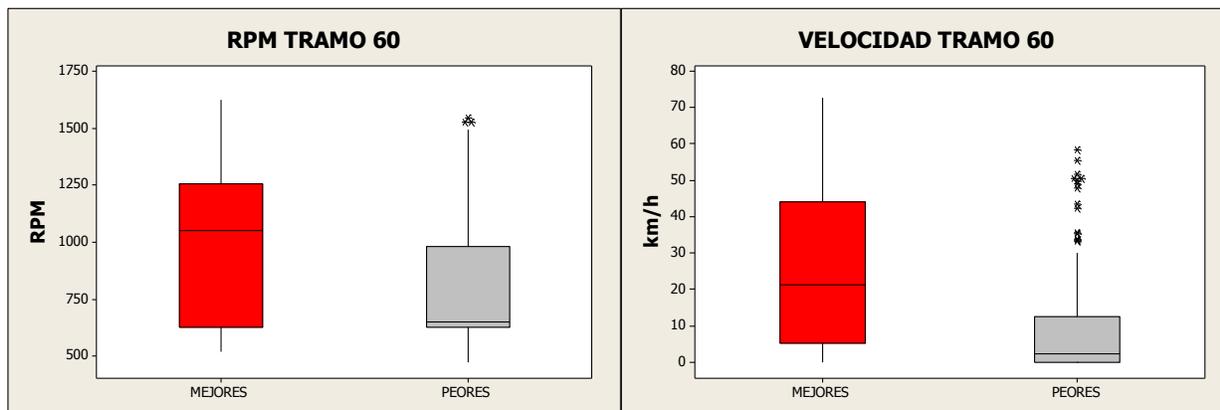
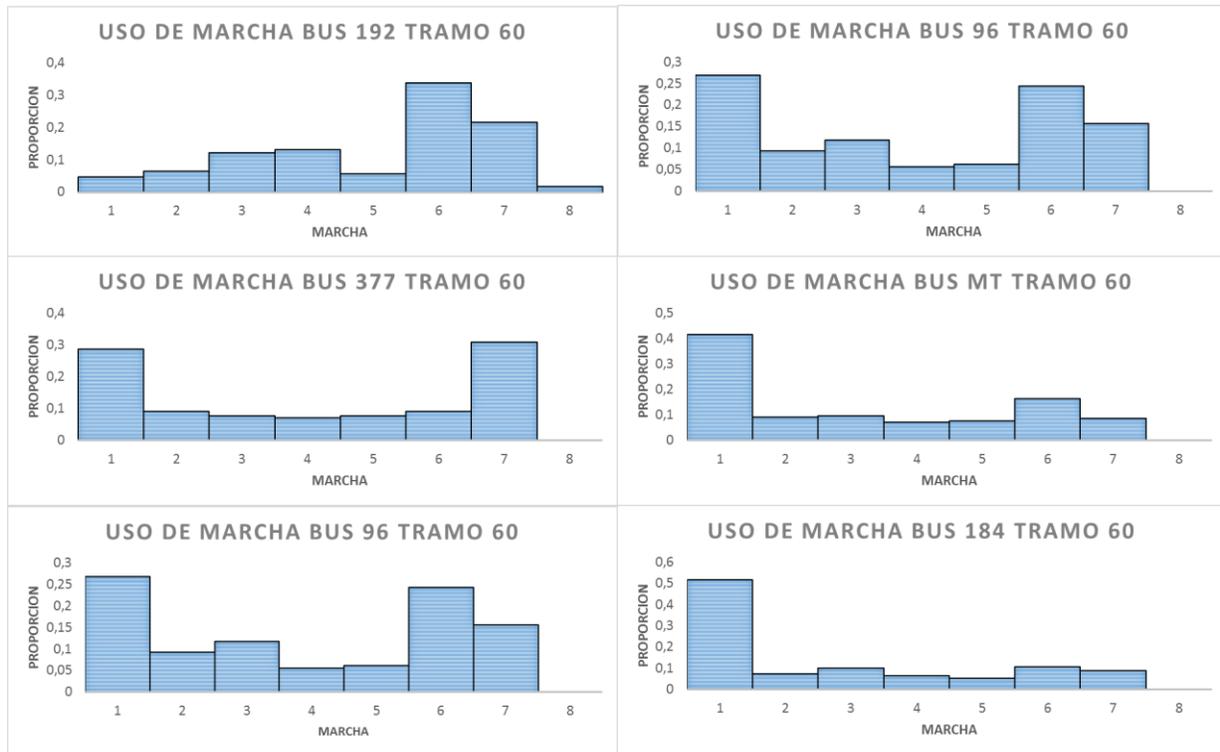


TRAMO 60



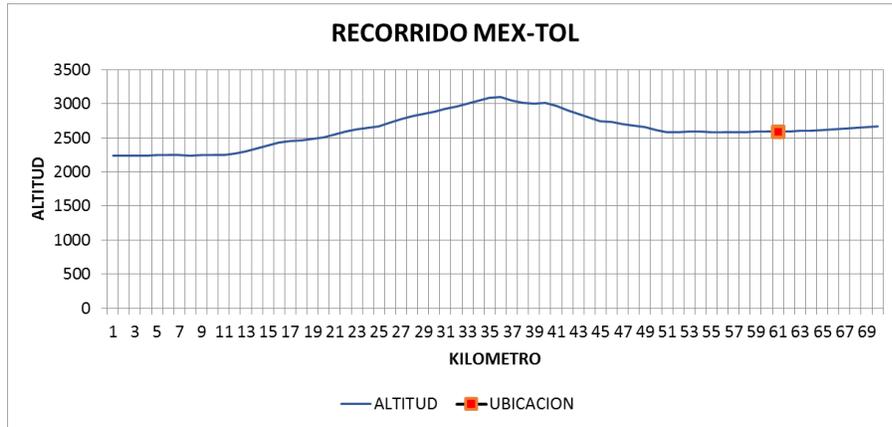
	MEJORES			PEORES		
Bus	192	377	96	202	MT	184
SFC	0,34	0,34	0,35	0,51	0,58	0,62



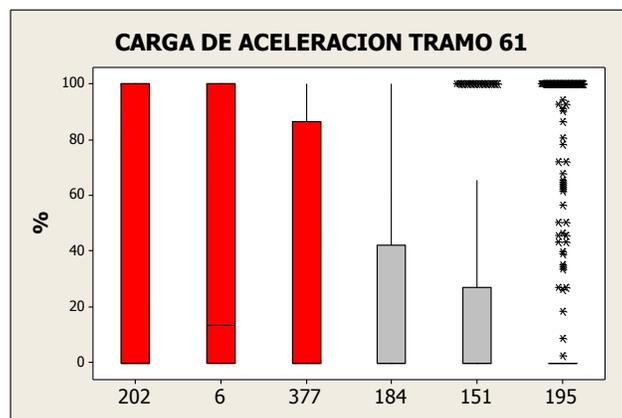
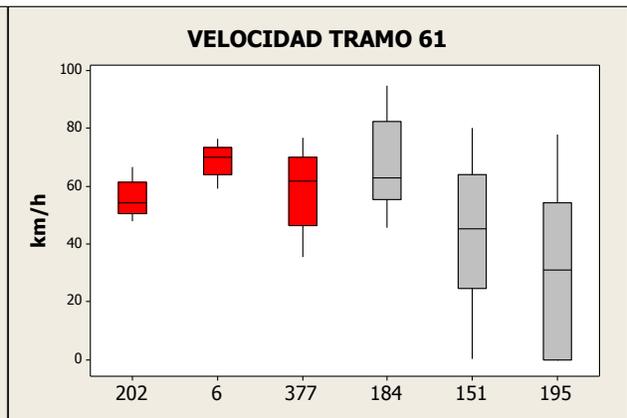
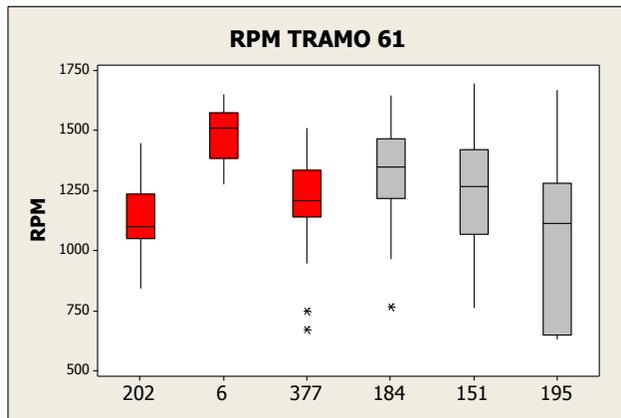


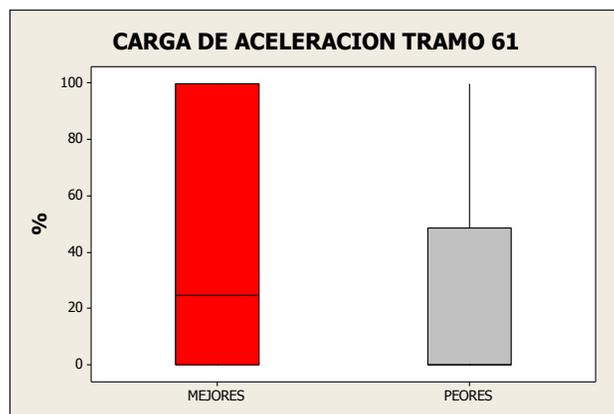
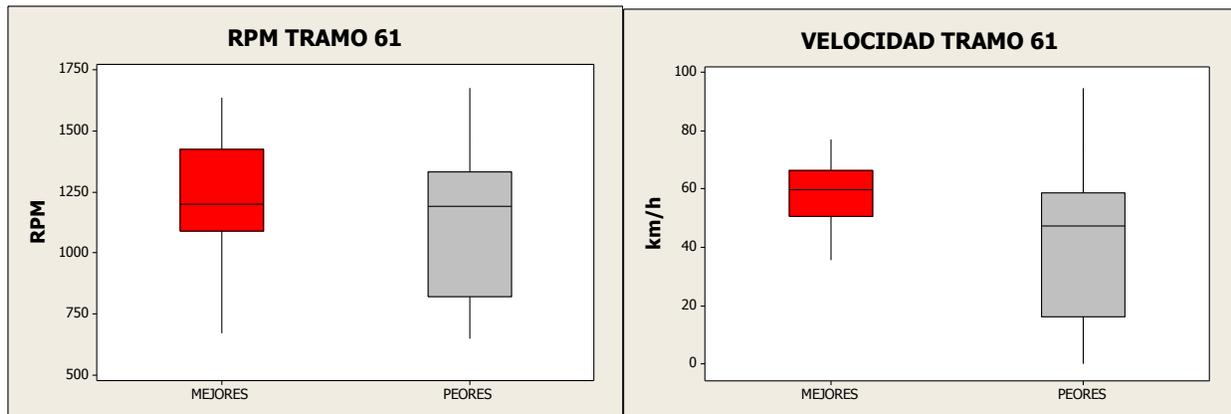
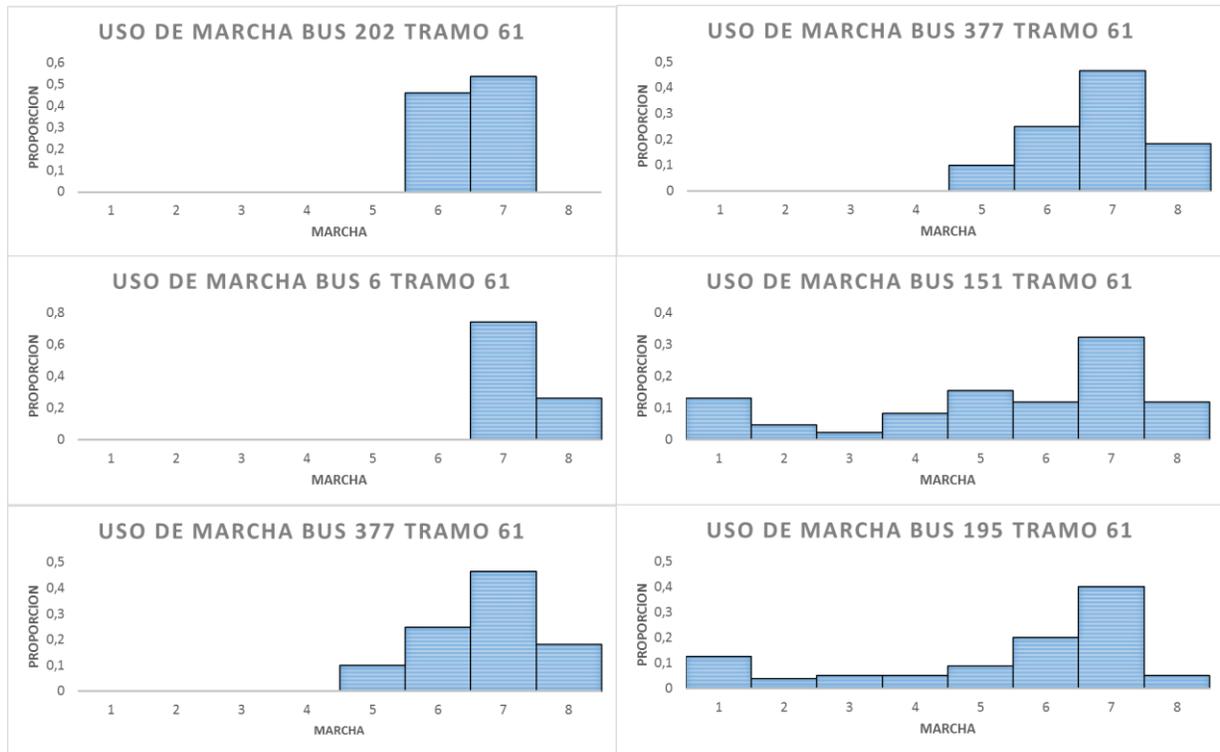


TRAMO 61



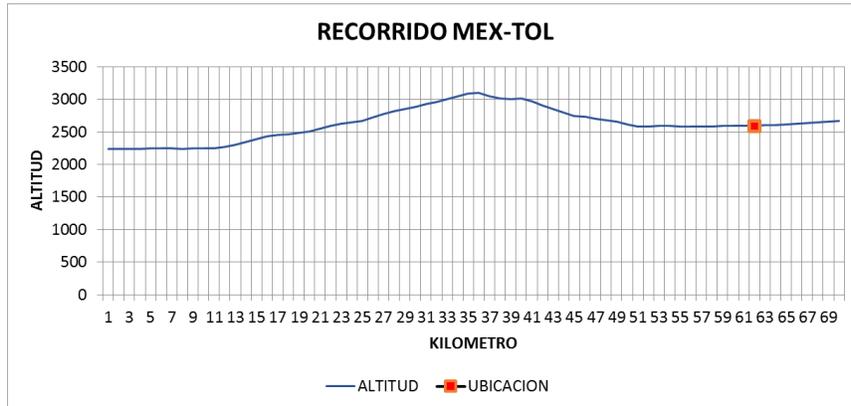
	MEJORES			PEORES		
Bus	202	6	377	184	151	195
SFC	0,32	0,32	0,35	0,52	0,52	0,53



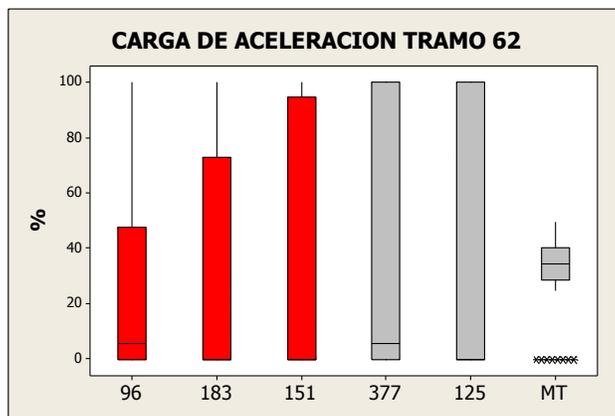
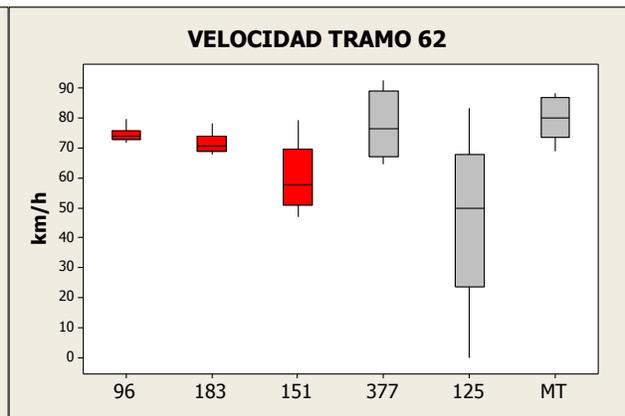
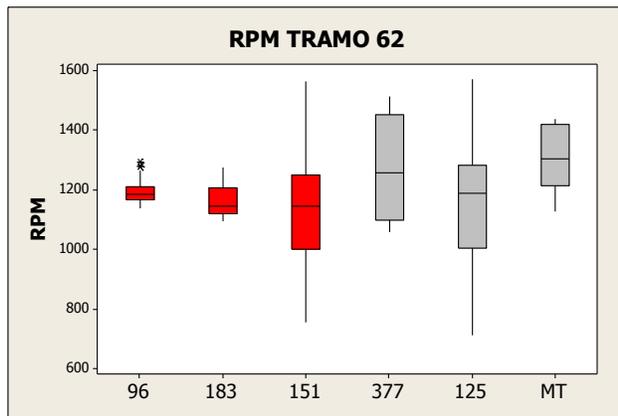


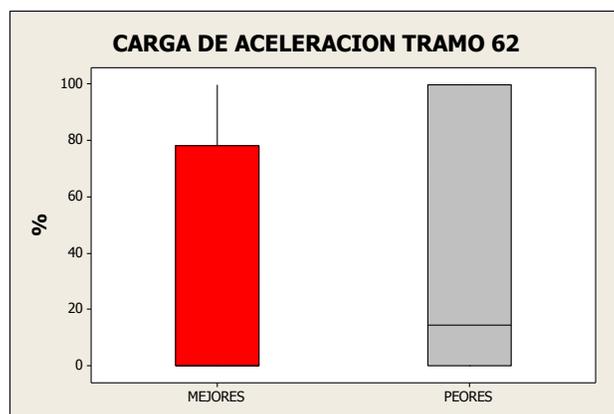
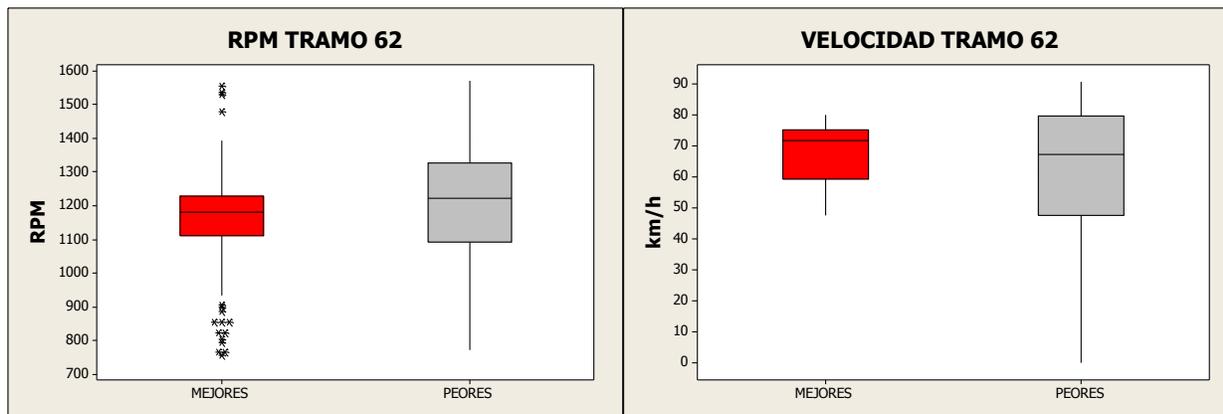
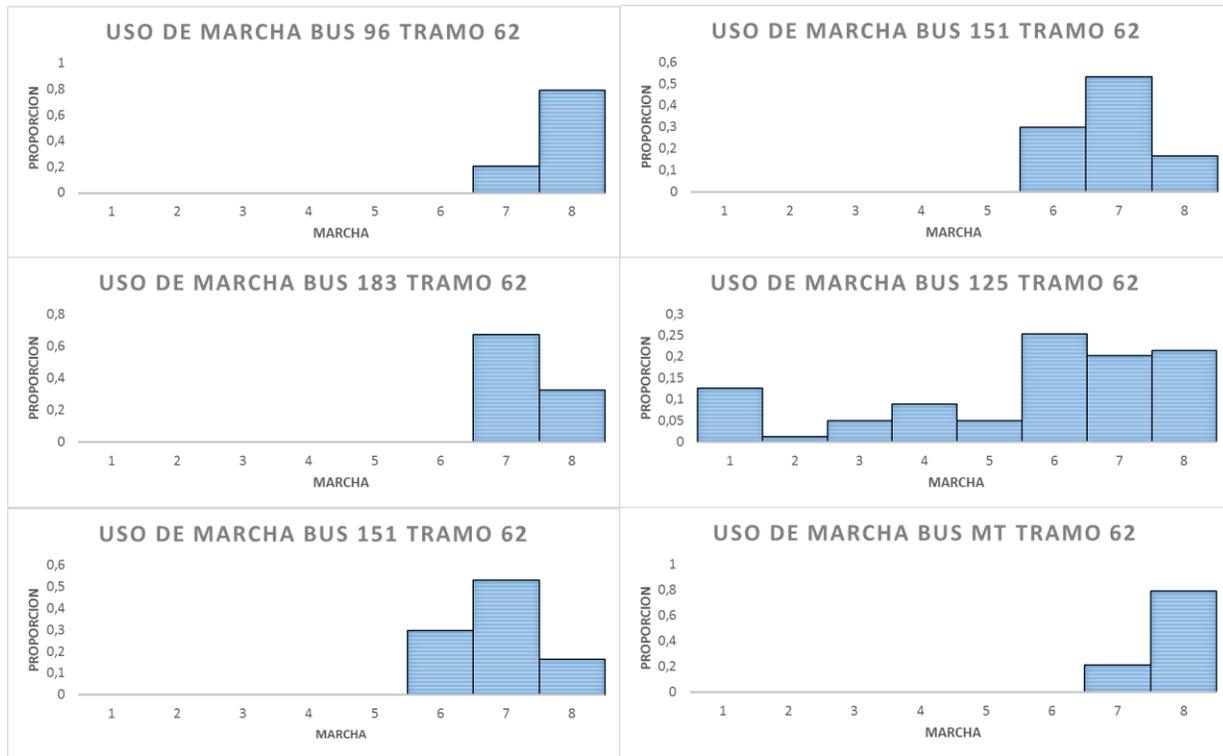


TRAMO 62



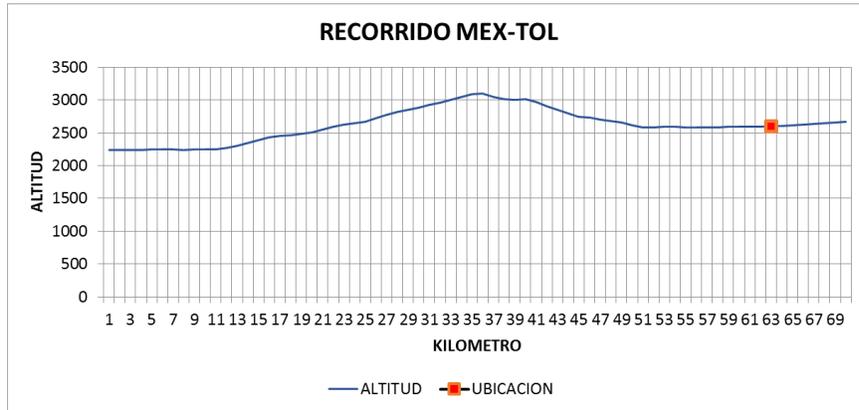
	MEJORES			PEORES		
Bus	96	183	151	377	125	MT
SFC	0,18	0,20	0,23	0,33	0,36	0,40



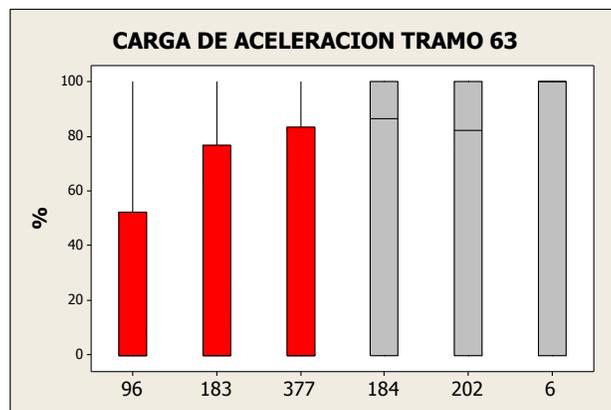
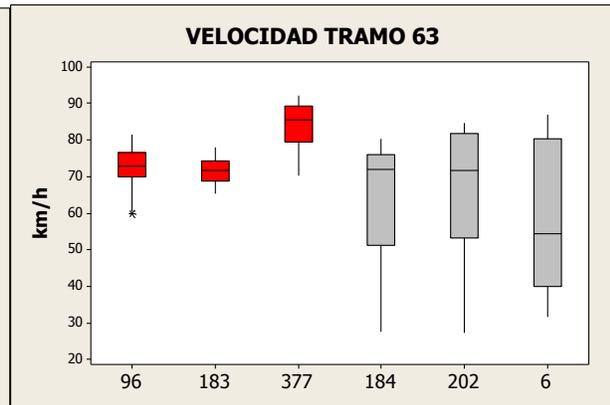
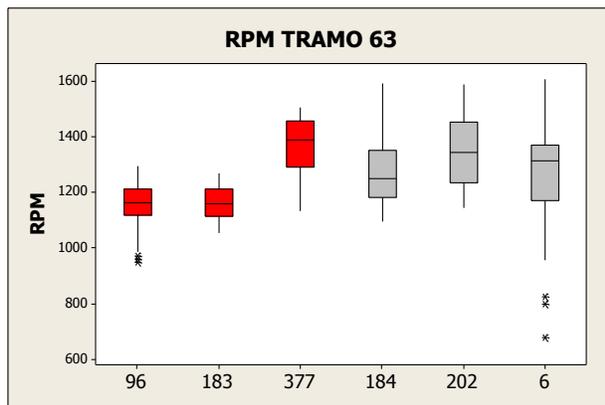


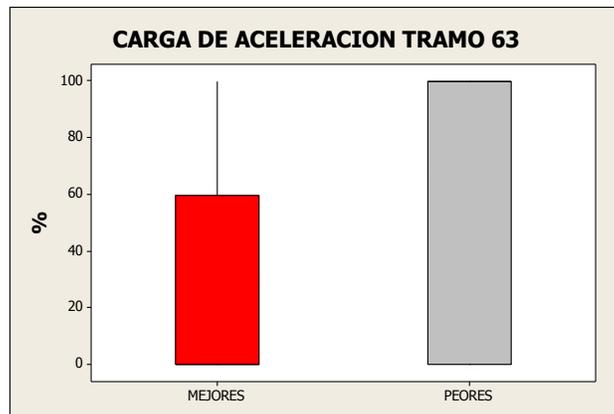
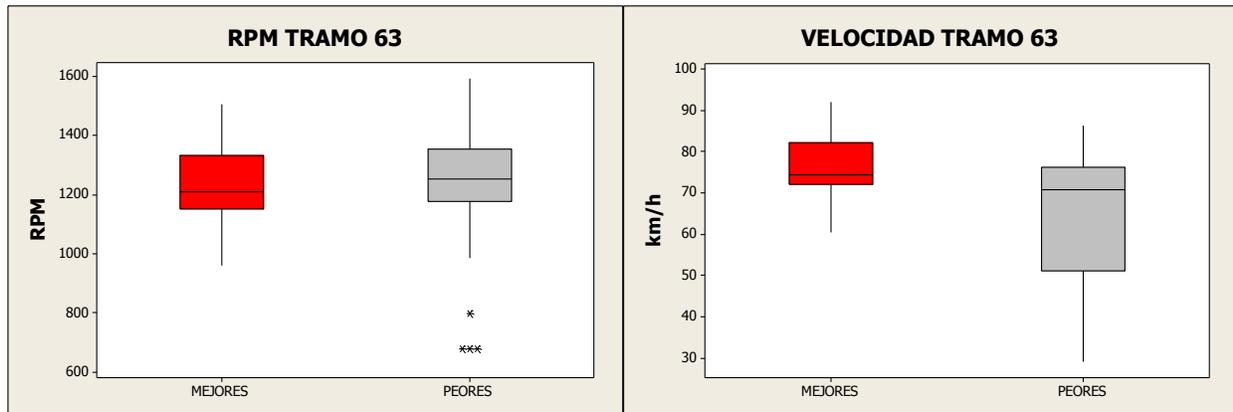
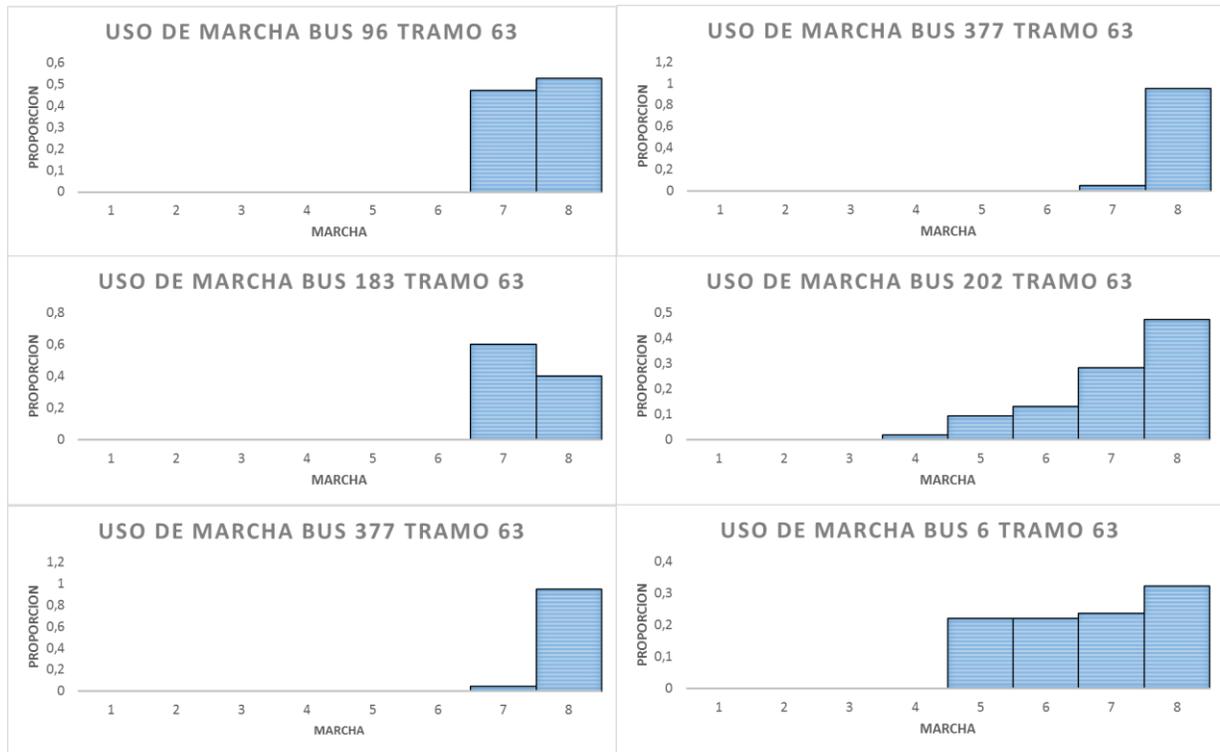


TRAMO 63



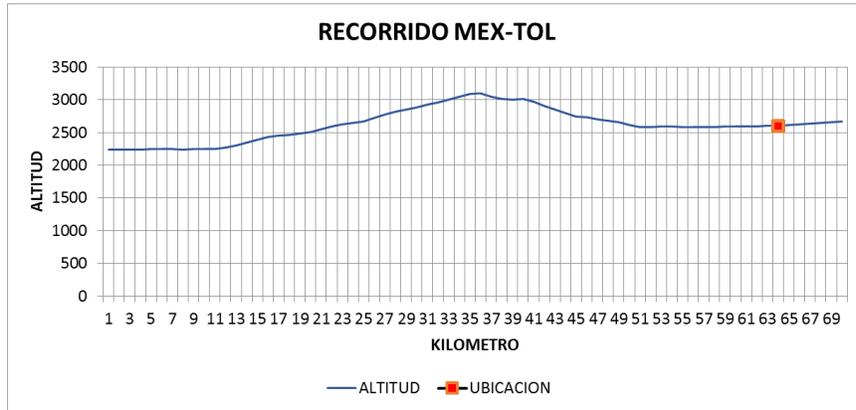
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	96	183	377	184	202	6
<b>SFC</b>	0,18	0,21	0,22	0,49	0,52	0,59



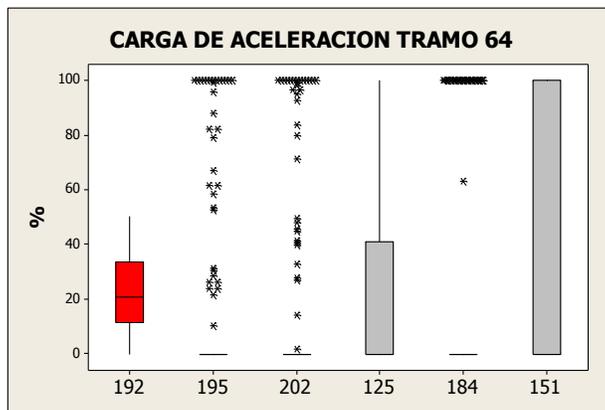
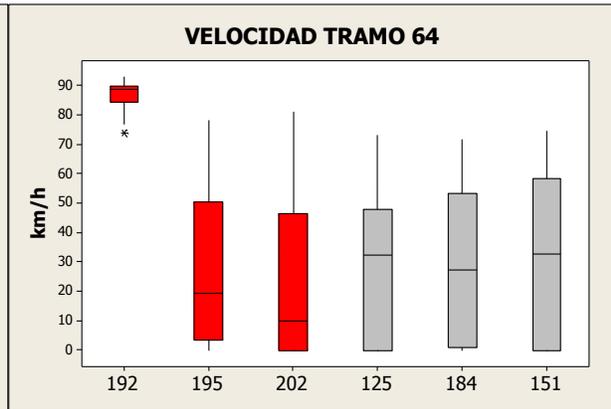
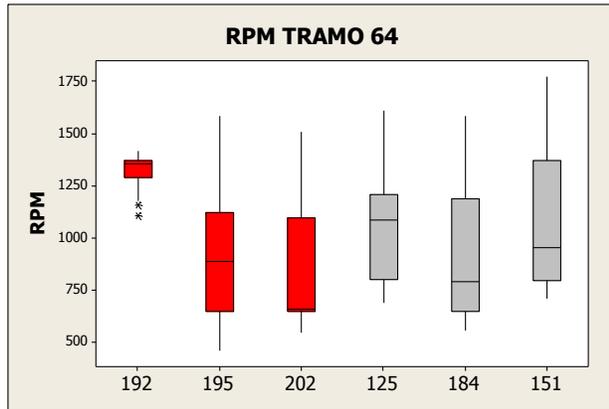


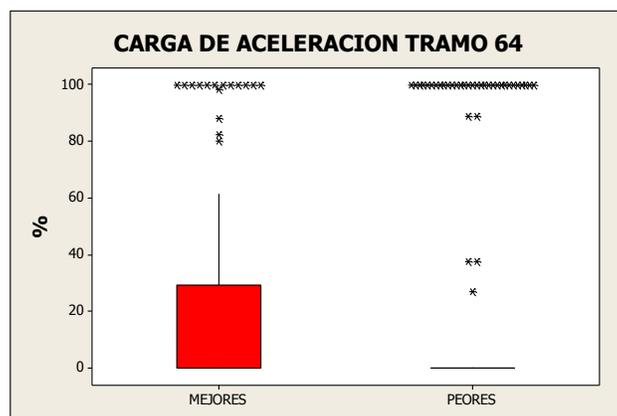
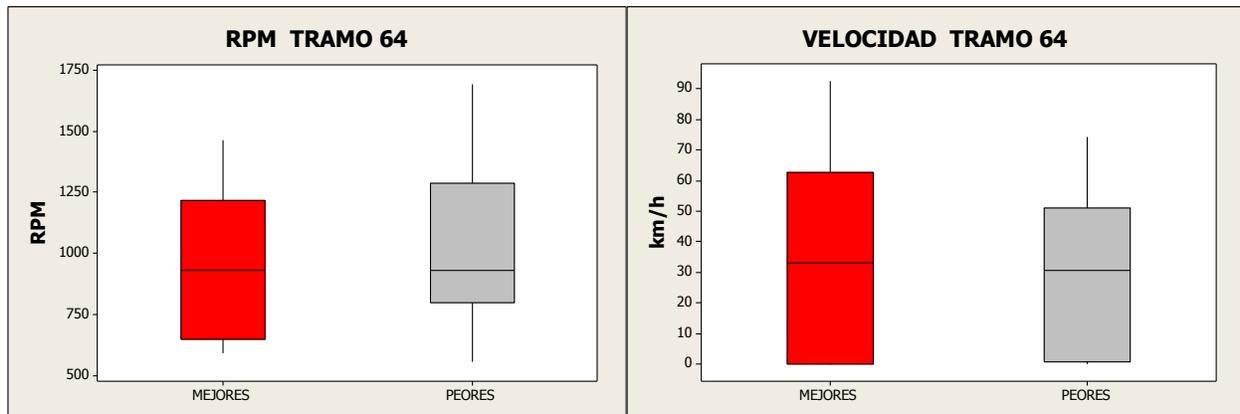
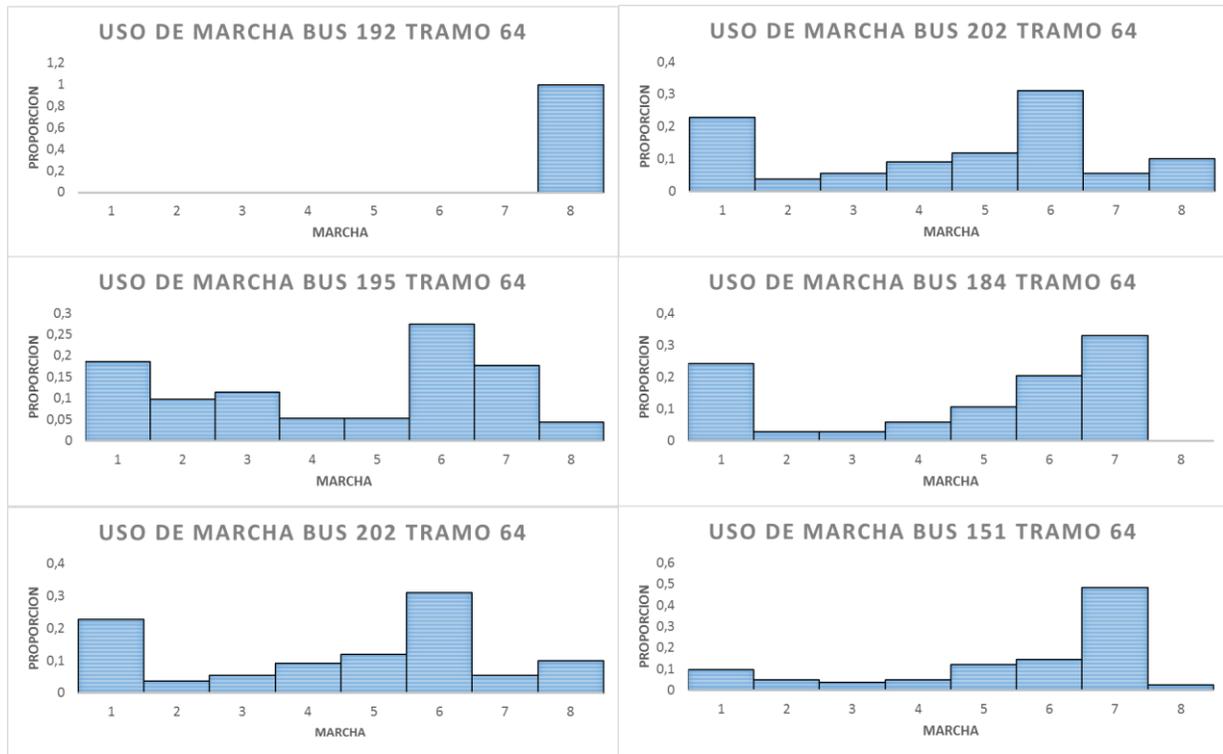


TRAMO 64



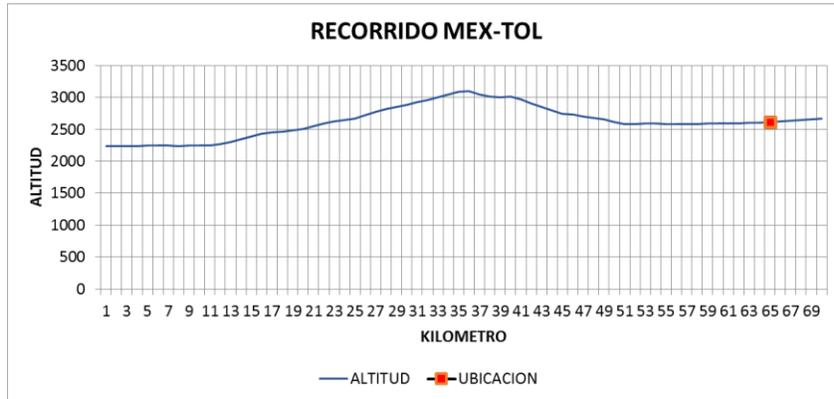
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	192	195	202	125	184	151
<b>SFC</b>	0,21	0,25	0,29	0,38	0,39	0,51



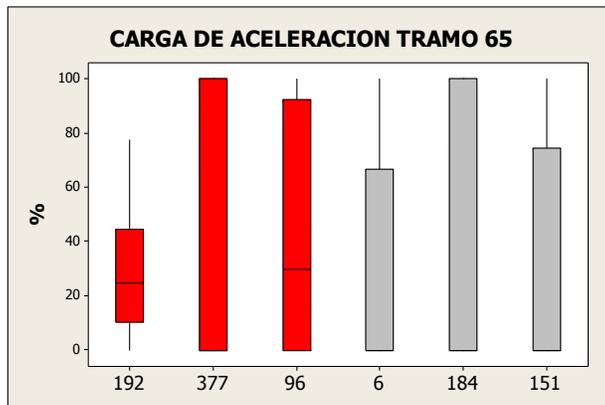
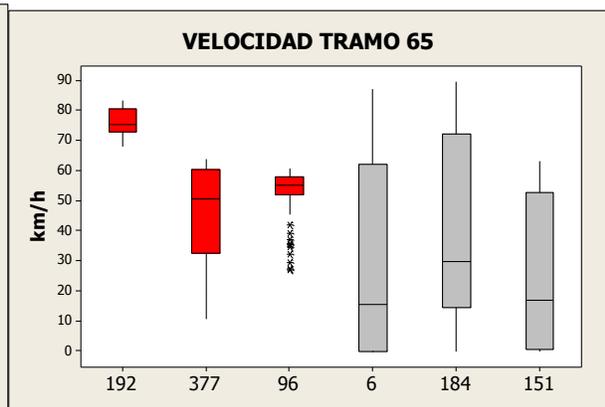
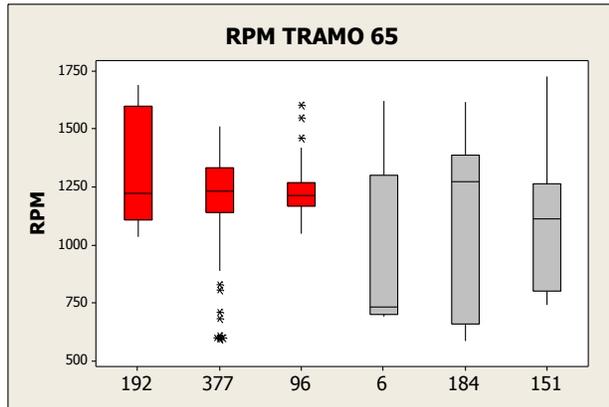


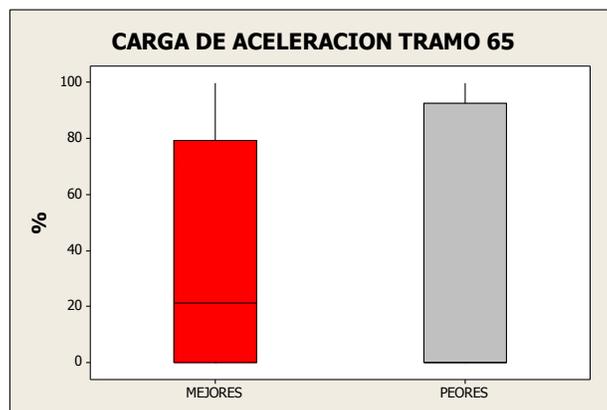
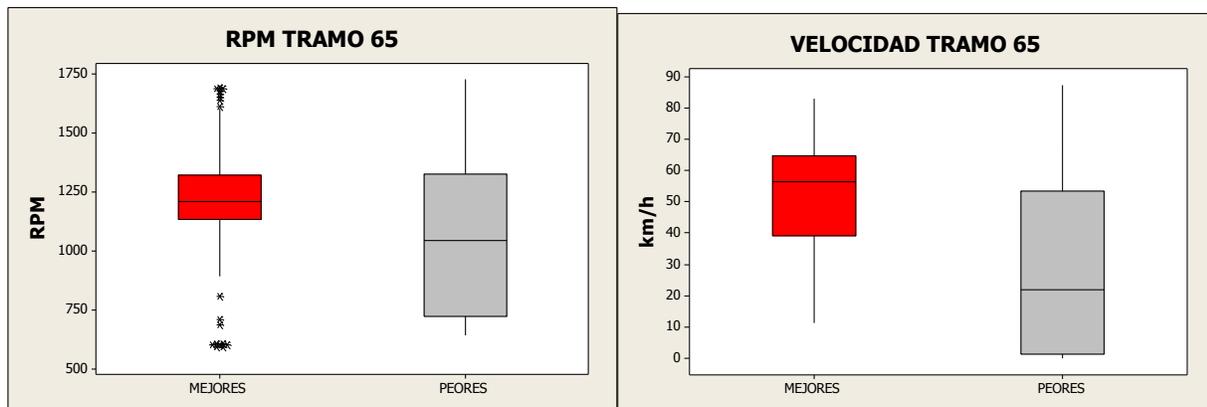
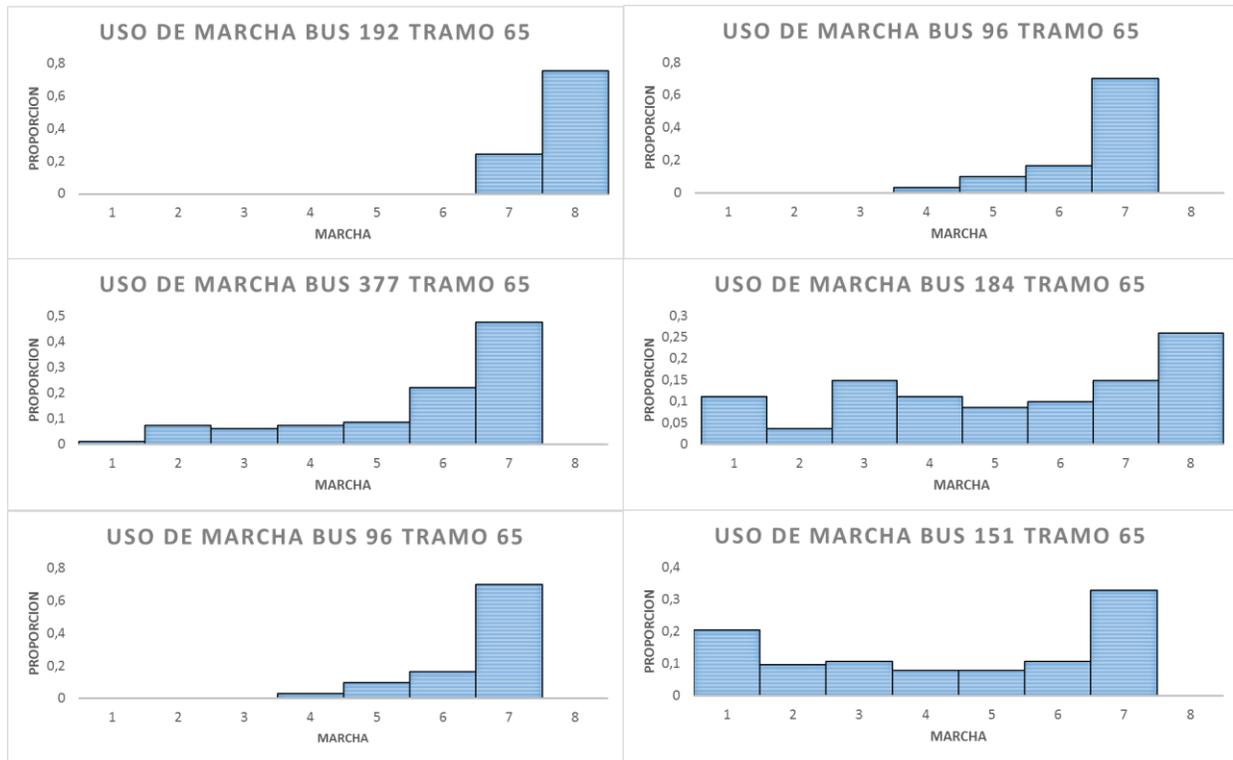


TRAMO 65



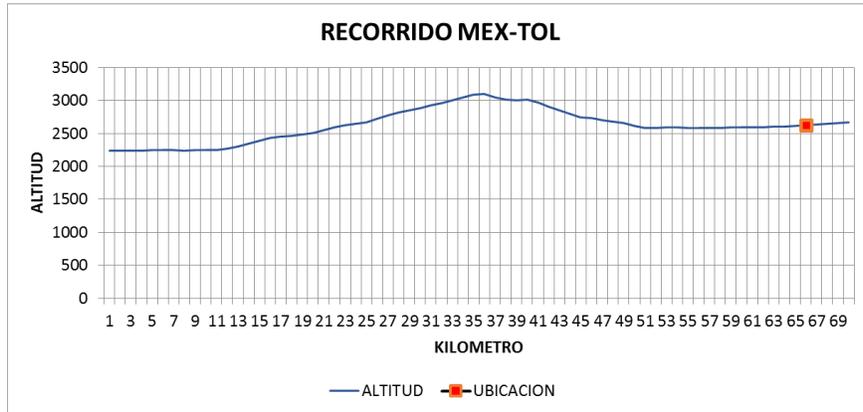
	MEJORES			PEORES		
Bus	192	377	96	6	184	151
SFC	0,28	0,38	0,41	0,57	0,60	0,60



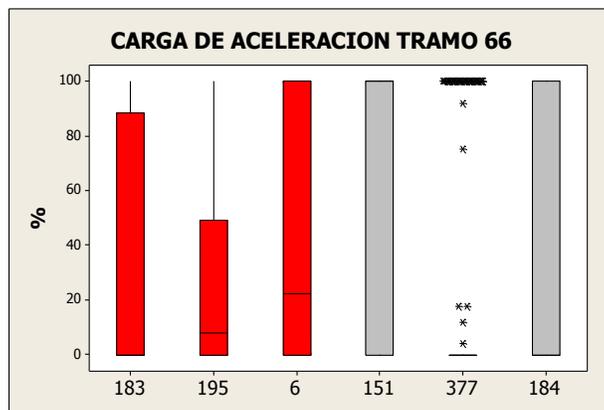
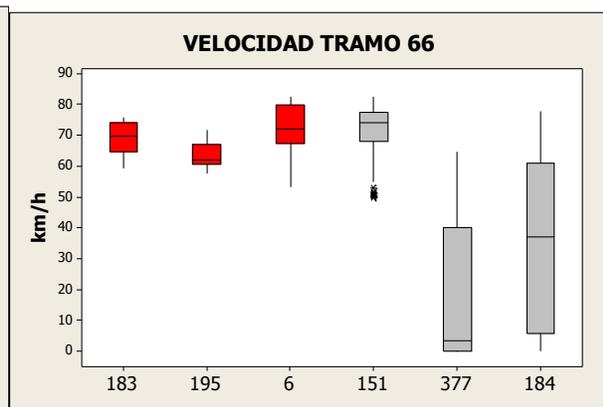
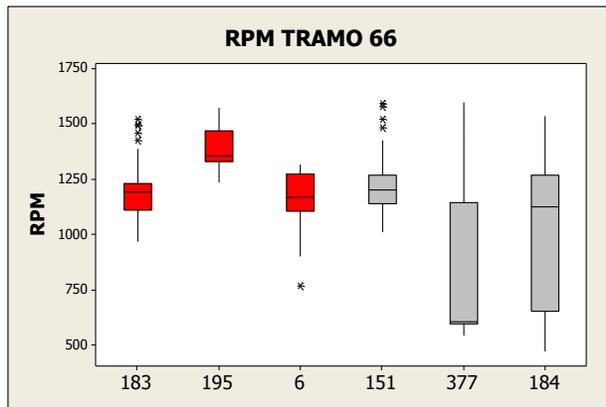


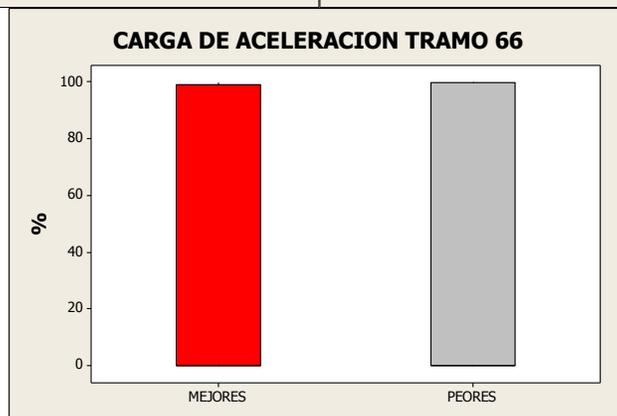
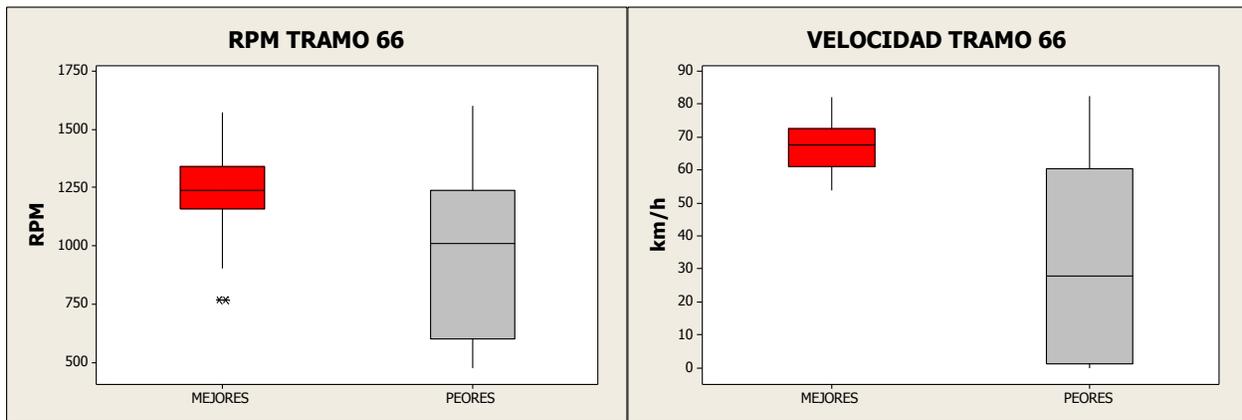
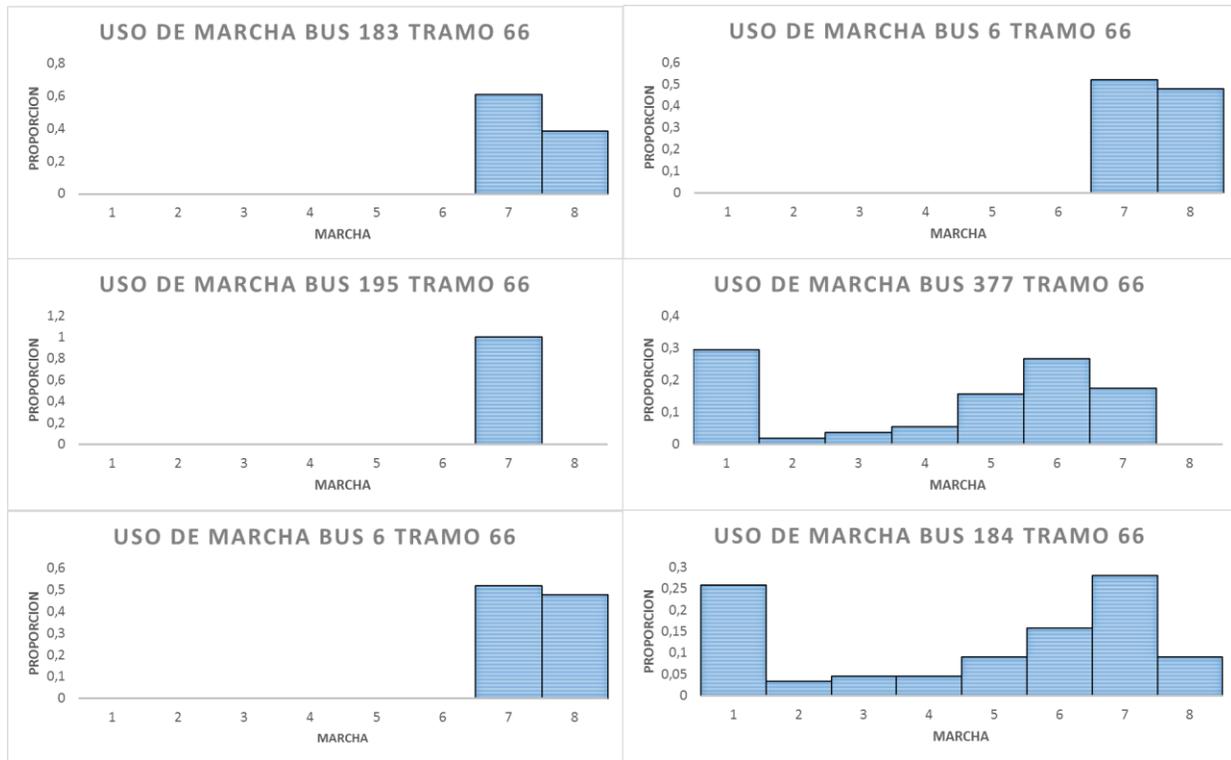


TRAMO 66



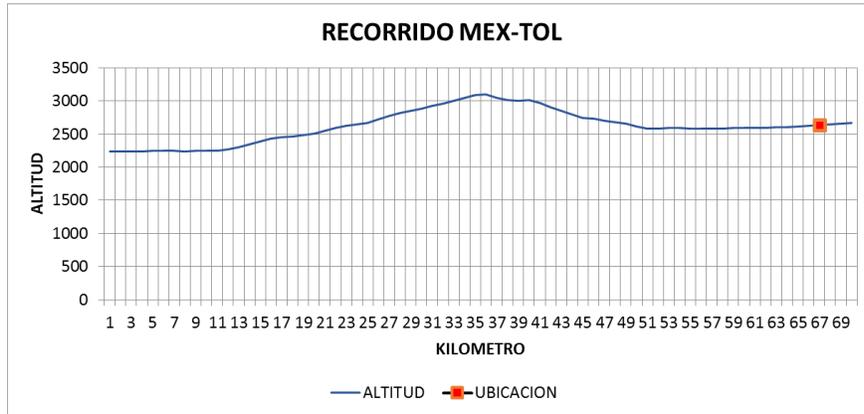
	MEJORES			PEORES		
Bus	183	195	6	151	377	184
SFC	0,25	0,26	0,29	0,45	0,49	0,50



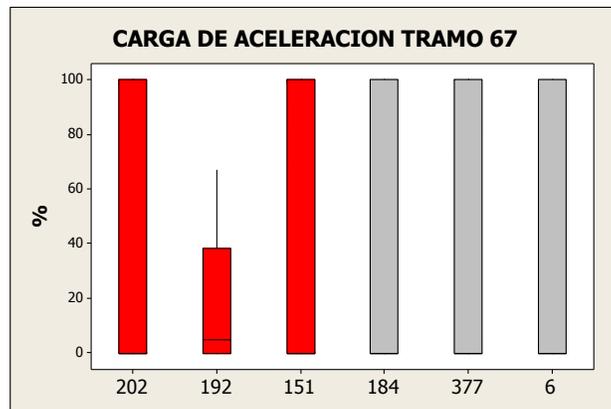
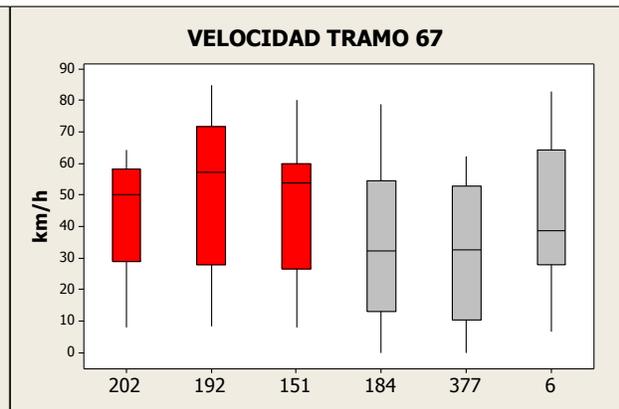
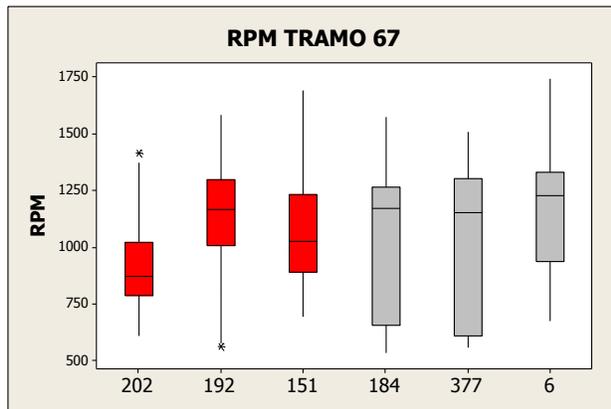


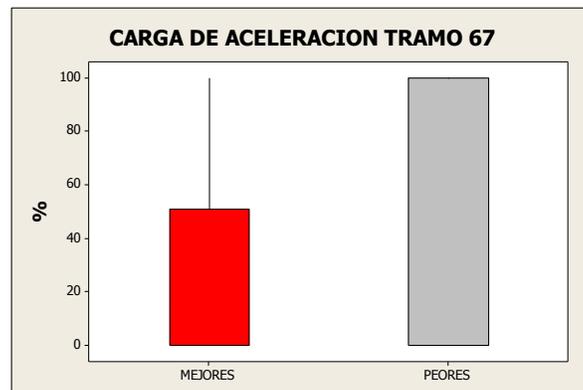
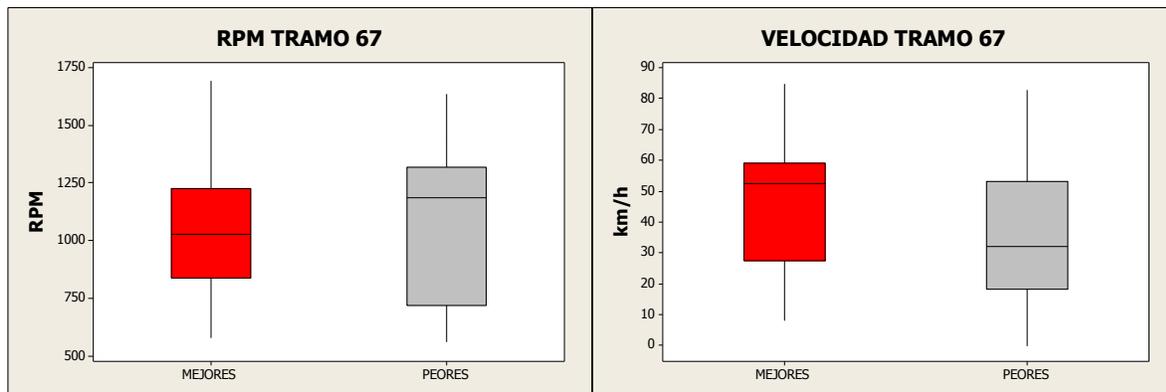
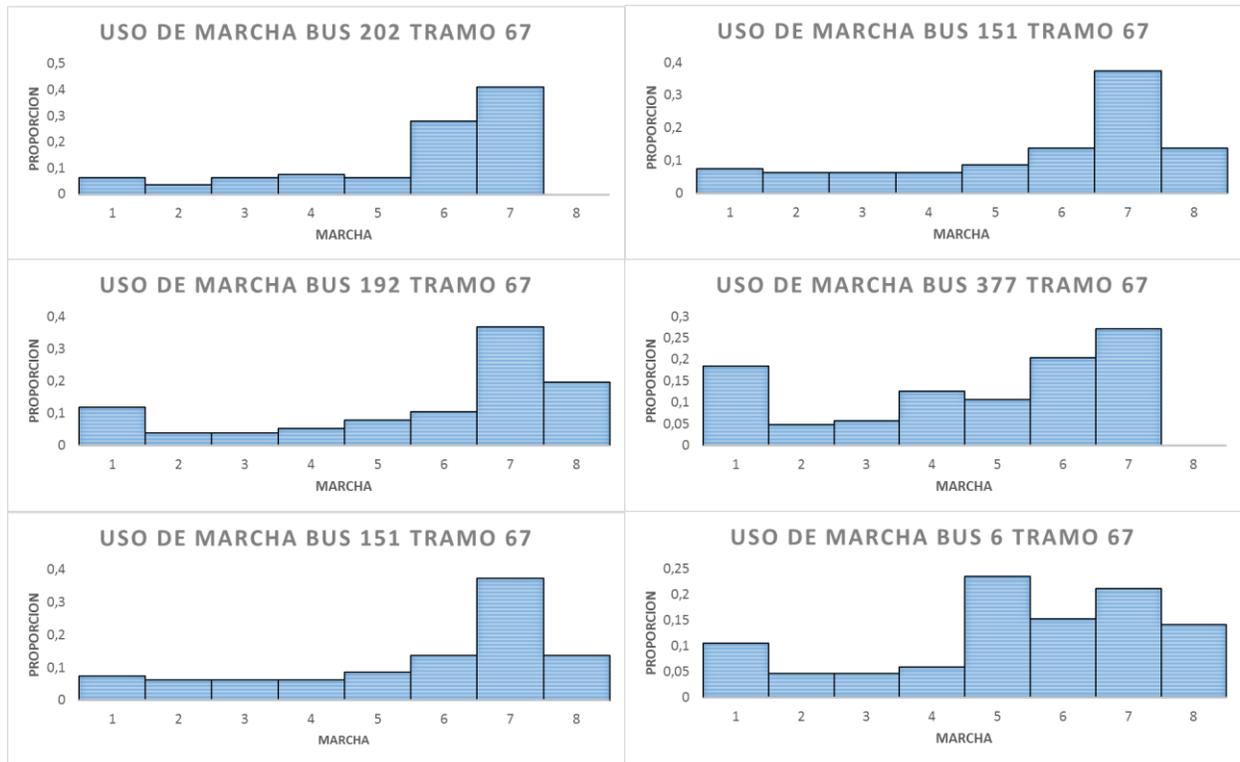


TRAMO 67



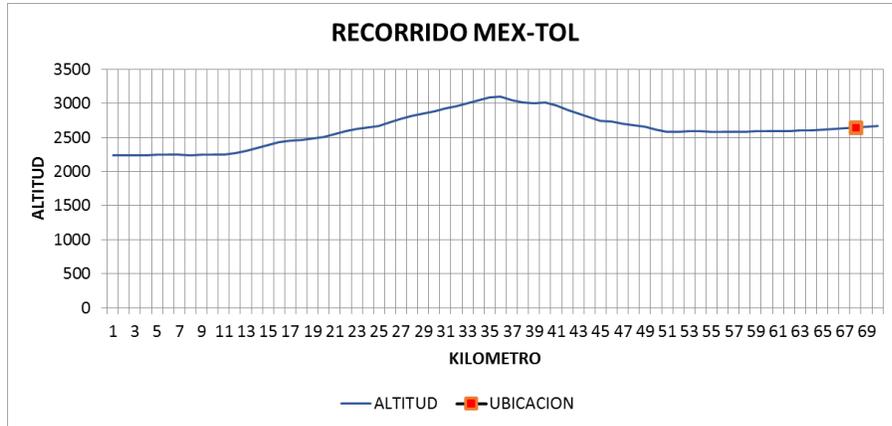
	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	202	192	151	184	377	6
<b>SFC</b>	0,25	0,28	0,29	0,46	0,53	0,56



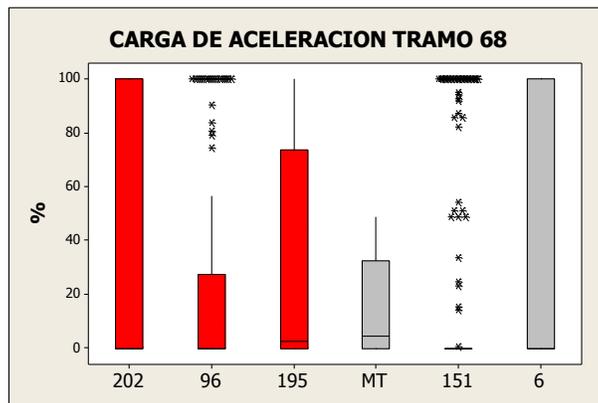
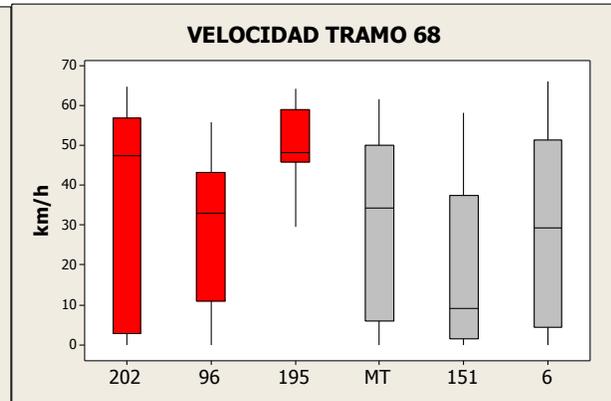
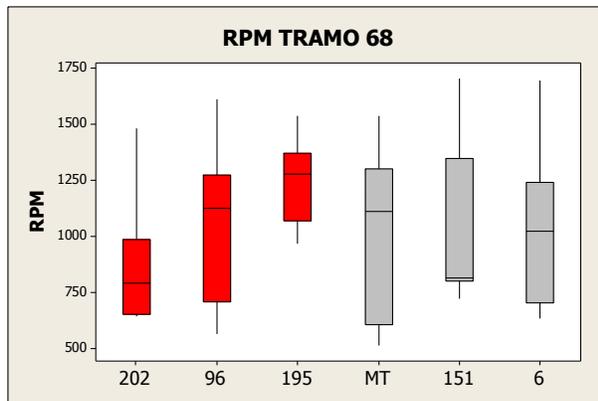


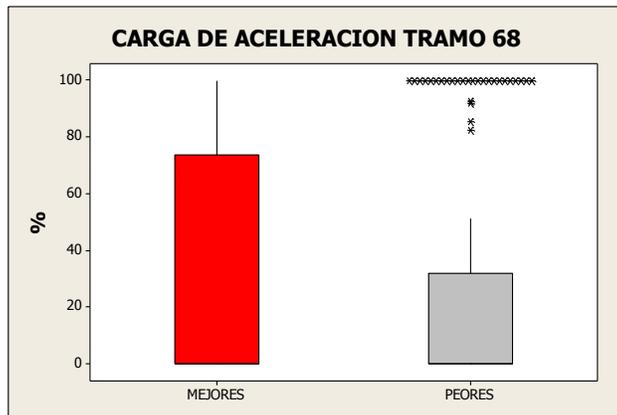
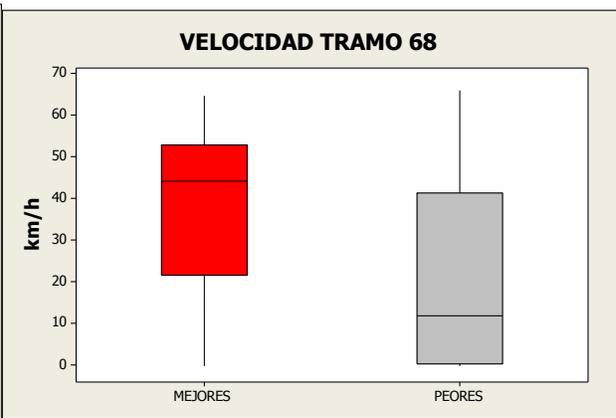
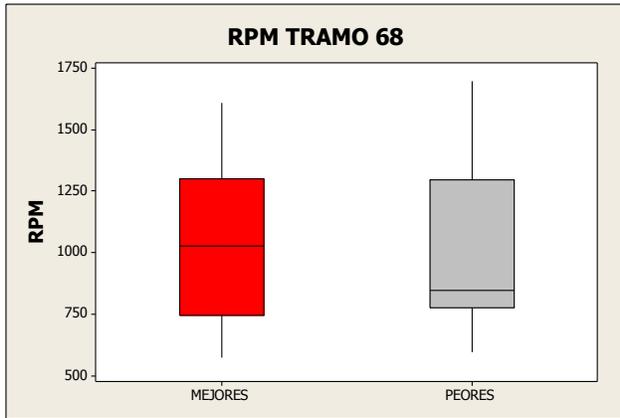
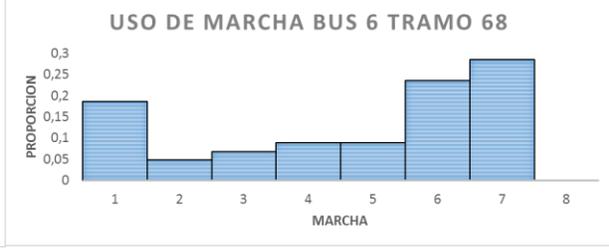
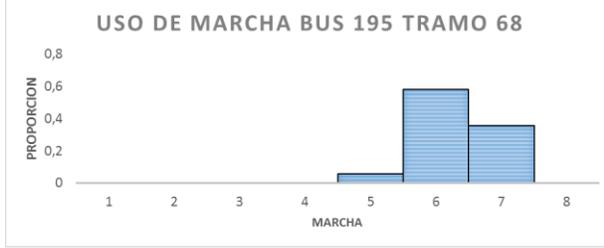
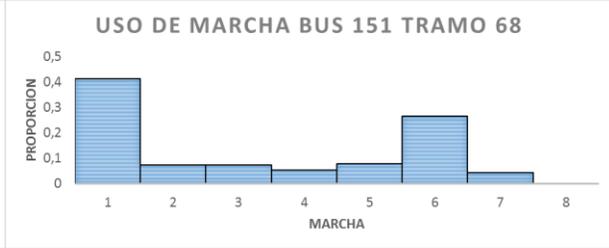
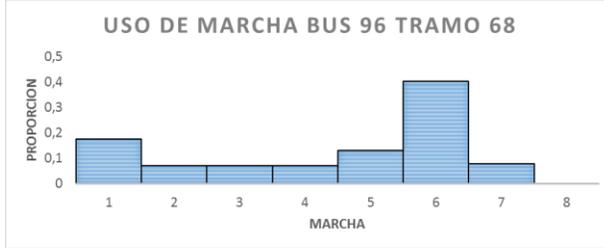
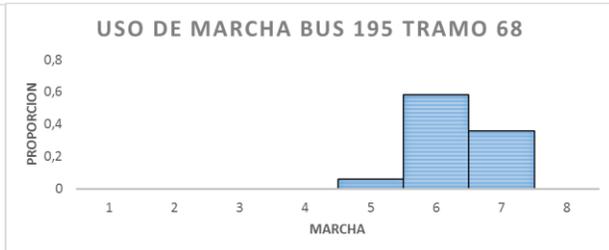
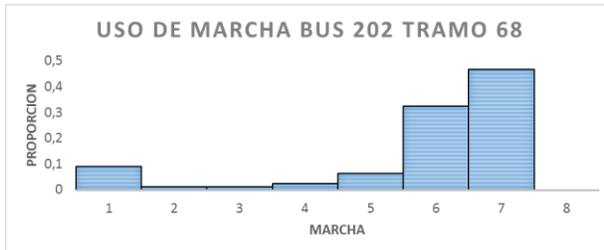


TRAMO 68



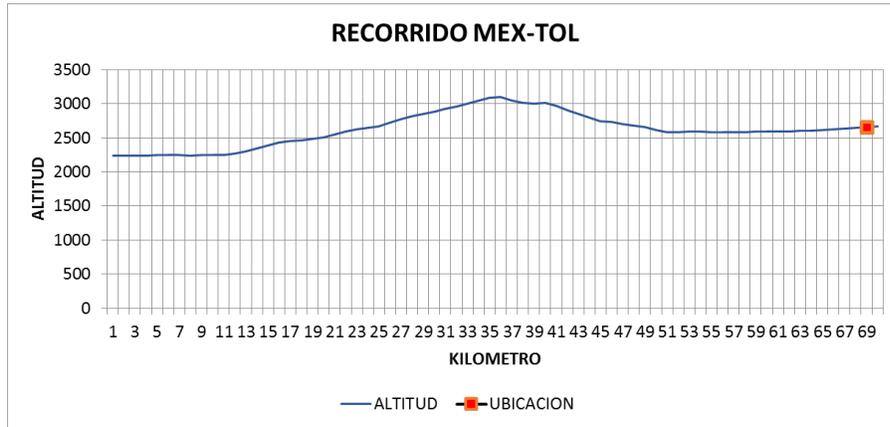
	MEJORES			PEORES		
Bus	202	96	195	MT	151	6
SFC	0,36	0,38	0,39	0,52	0,55	0,61



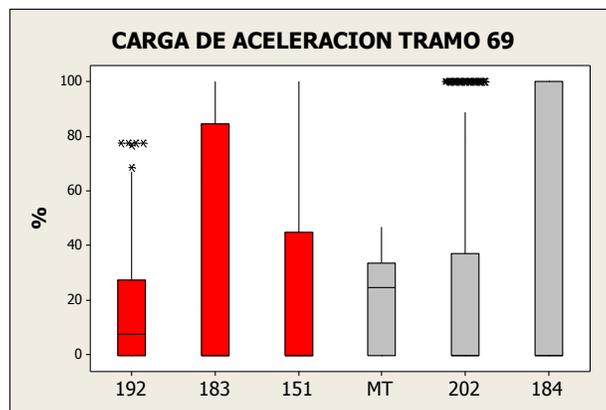
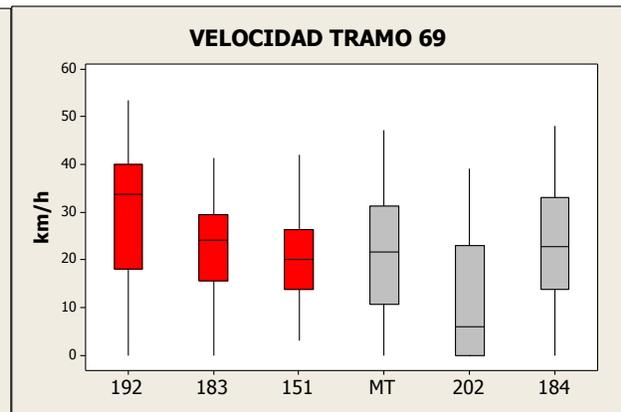
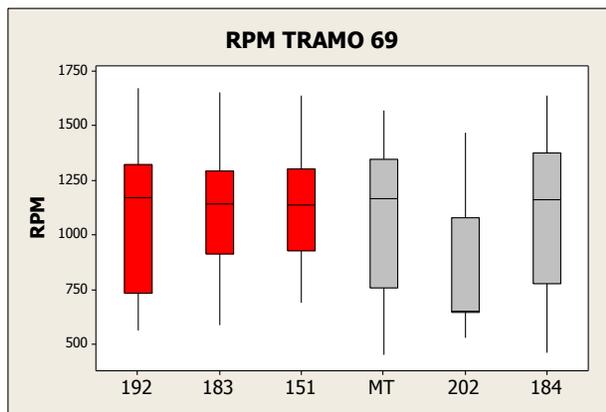


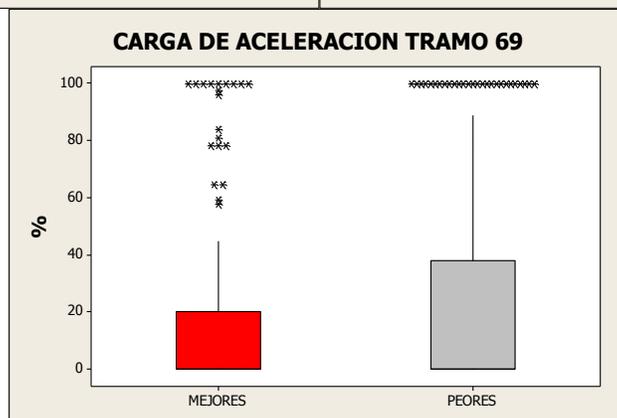
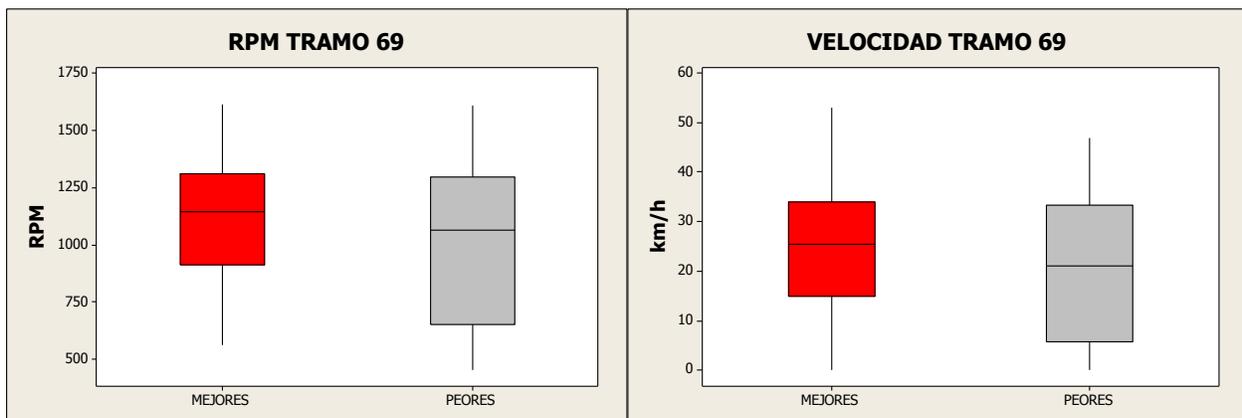
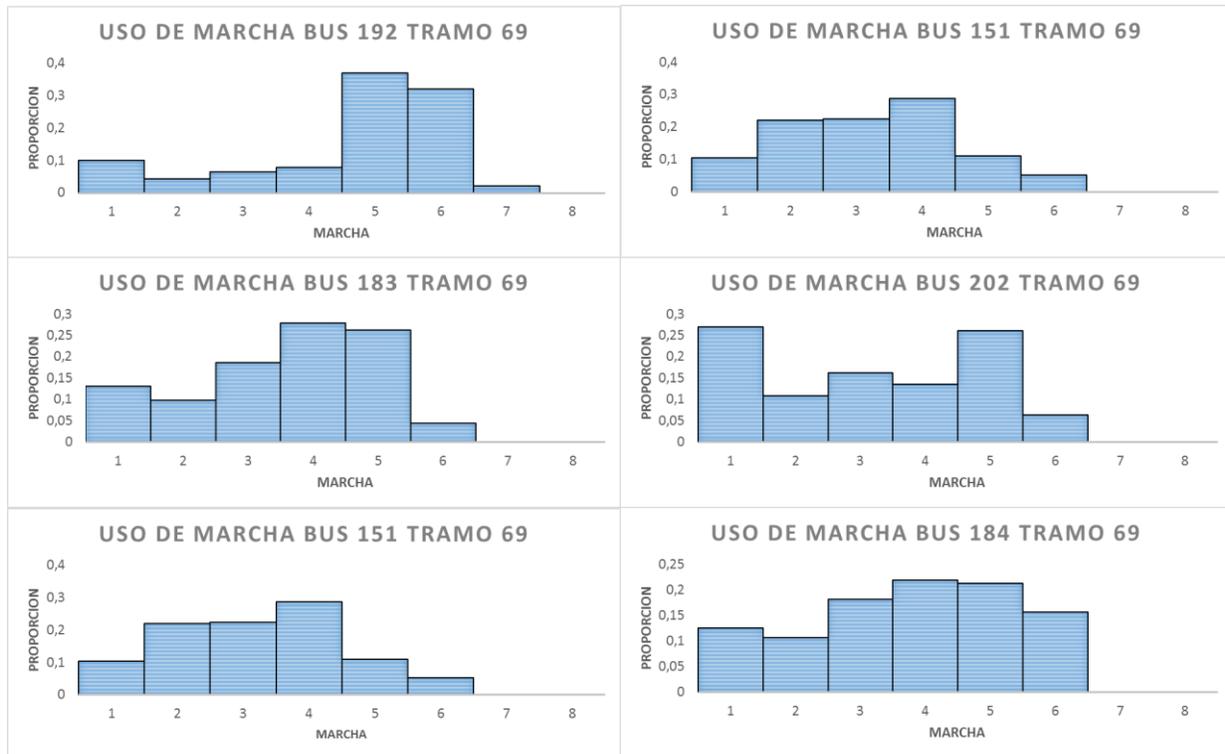


TRAMO 69



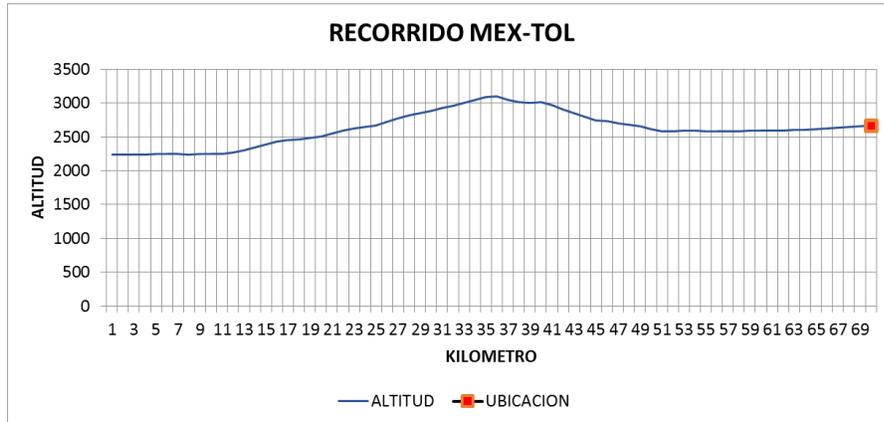
	MEJORES			PEORES		
Bus	192	183	151	MT	202	184
SFC	0,43	0,48	0,48	0,62	0,62	0,72



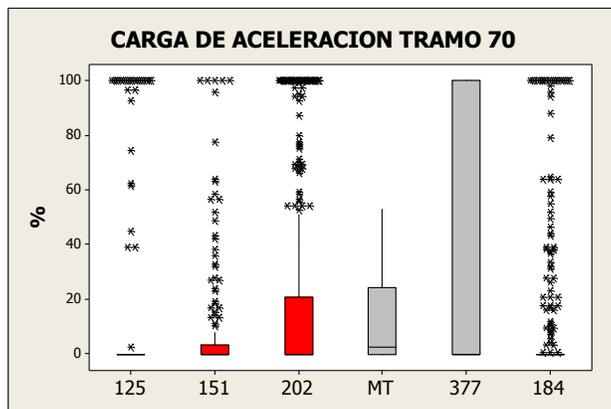
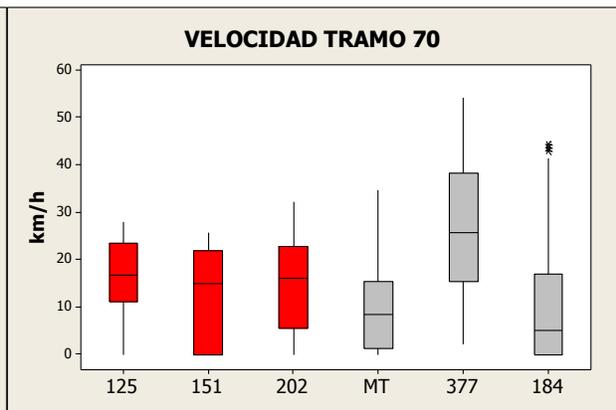
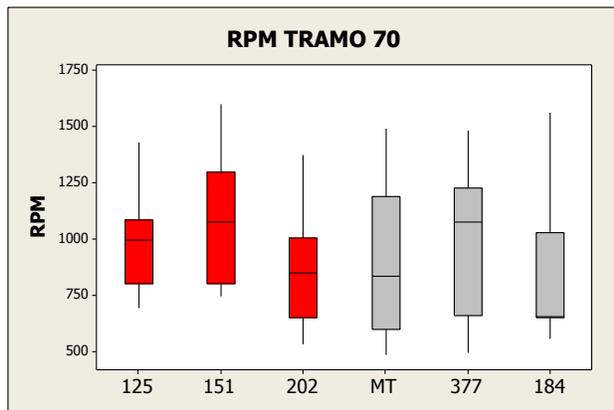


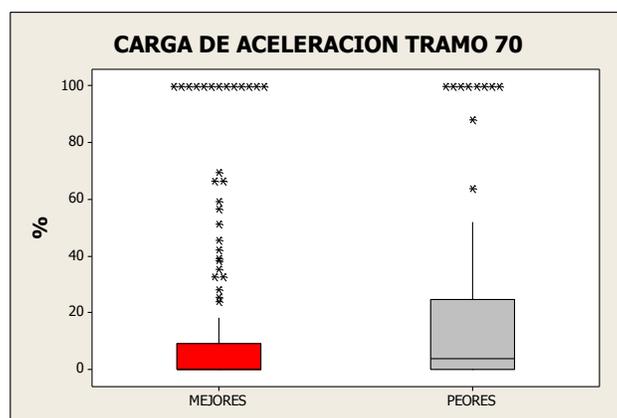
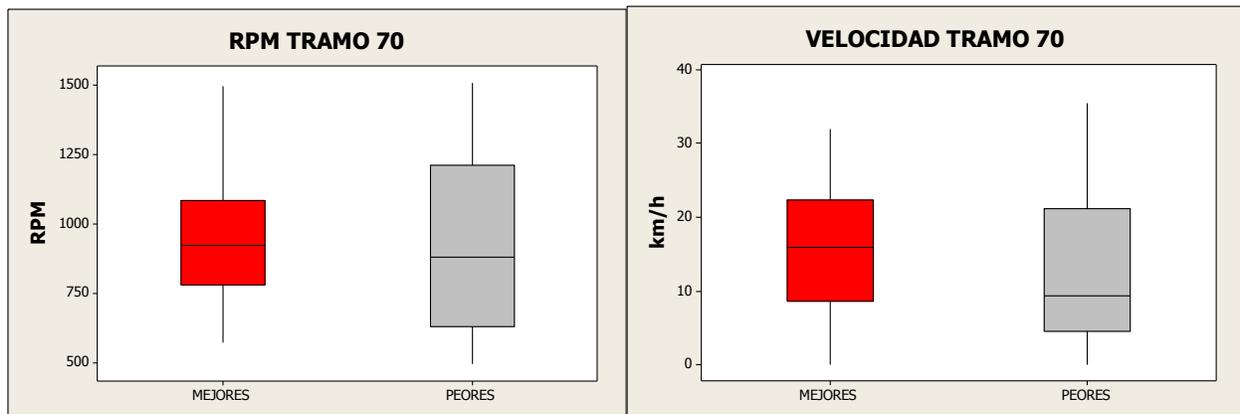
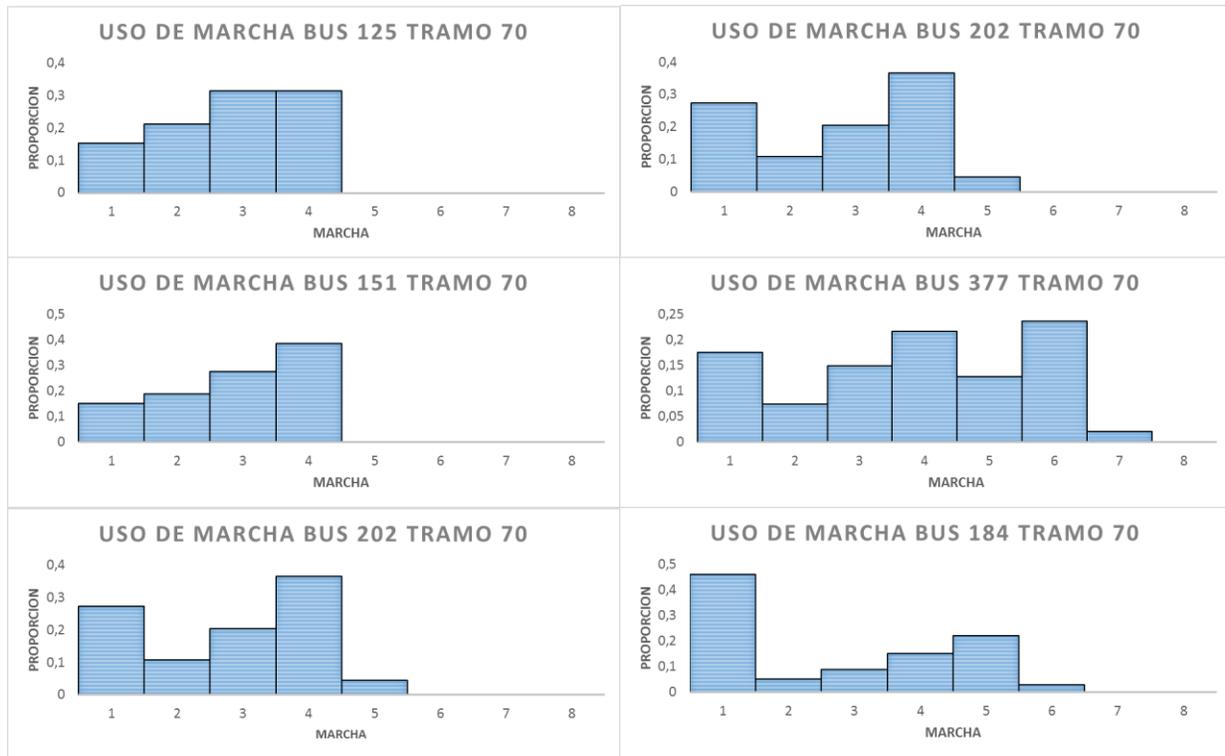


TRAMO 70



	MEJORES			PEORES		
<b>Bus</b>	125	151	202	MT	377	184
<b>SFC</b>	0,26	0,30	0,33	0,48	0,49	0,50







**ANEXO 3.- TABLA DE LÍMITES PARA LA VELOCIDAD DEL MOTOR**

<b>KILOMETRO</b>	<b>MINIMO</b>	<b>CUARTIL 1</b>	<b>CUARTIL 2</b>	<b>CUARTIL 3</b>	<b>MAXIMO</b>
1	577,625	<b>751,125</b>	848,625	<b>1145,6875</b>	1697,875
2	546,5	<b>650,625</b>	1034,25	<b>1246,125</b>	1593,375
3	532,5	<b>723,4375</b>	957,375	<b>1148,25</b>	1588,375
4	785,5	<b>1168,0625</b>	1310,6875	<b>1445,84375</b>	1566,625
5	1193,375	<b>1290,875</b>	1415,3125	<b>1477,5</b>	1587,125
6	1024,25	<b>1199,625</b>	1284	<b>1525,125</b>	1648
7	874,625	<b>975,625</b>	1033,875	<b>1195,125</b>	1519,375
8	742,5	<b>1109,25</b>	1266,125	<b>1402,75</b>	1460,25
9	526,25	<b>623,34375</b>	648,5	<b>1209,65625</b>	1597,25
10	584,5	<b>786,46875</b>	1139,9375	<b>1284,75</b>	1604,625
11	577,75	<b>911,625</b>	1181,25	<b>1338</b>	1699,5
12	938,125	<b>1190,28125</b>	1251,875	<b>1371</b>	1660,375
13	529,875	<b>606,40625</b>	805,8125	<b>1113,75</b>	1604,75
14	971,875	<b>1140,3125</b>	1222	<b>1350,125</b>	1618,25
15	932,375	<b>1113,25</b>	1215	<b>1370,375</b>	1683,125
16	560,5	<b>878,28125</b>	1078,1875	<b>1247,125</b>	1514,5
17	600,875	<b>1002,875</b>	1272,1875	<b>1355,25</b>	1657,5
18	947,875	<b>1198,53125</b>	1266,375	<b>1364,3125</b>	1564,25
19	1162,875	<b>1352,125</b>	1427,875	<b>1474</b>	1524,375
20	1351	<b>1437,65625</b>	1472,125	<b>1496,96875</b>	1561,125
21	1159,75	<b>1329,625</b>	1404,125	<b>1452,78125</b>	1585,125
22	1218,25	<b>1341</b>	1407,375	<b>1446,5625</b>	1534,125
23	1186,625	<b>1307,25</b>	1458,1875	<b>1480,625</b>	1514,875
24	1236,375	<b>1388,90625</b>	1465,375	<b>1565,9375</b>	1622,625
25	1279,5	<b>1340,09375</b>	1399,25	<b>1458,875</b>	1529,75
26	1211,375	<b>1340,625</b>	1402,25	<b>1459,375</b>	1565,375
27	1200,25	<b>1299,78125</b>	1386,625	<b>1476,5</b>	1552,75
28	943,5	<b>1248,25</b>	1312,75	<b>1418,375</b>	1472,5
29	508,375	<b>800,40625</b>	1202,1875	<b>1357,53125</b>	1737,375
30	1341,75	<b>1396,5</b>	1448,75	<b>1531,96875</b>	1672,5
31	1201,375	<b>1351,5</b>	1424	<b>1468,5</b>	1575
32	1200,875	<b>1408,25</b>	1482,875	<b>1612,625</b>	1768,5
33	1240,5	<b>1406,46875</b>	1491,5	<b>1520,375</b>	1622,25
34	1246	<b>1381,1875</b>	1457,625	<b>1535,90625</b>	1620,25
35	1239,625	<b>1403</b>	1457,25	<b>1467,125</b>	1556
36	1129,375	<b>1276,875</b>	1369,6875	<b>1451,5</b>	1615,5
37	1260,875	<b>1349,6875</b>	1383,125	<b>1416,75</b>	1505
38	1426,25	<b>1542,71875</b>	1590	<b>1606,25</b>	1692,5



39	1107,625	<b>1218,125</b>	1314,25	<b>1395,3125</b>	1457
40	1149,25	<b>1240,5</b>	1351,3125	<b>1432,53125</b>	1585,75
41	1200,375	<b>1264,5</b>	1325,625	<b>1339,5625</b>	1451,875
42	1073,5	<b>1219,5</b>	1260,375	<b>1314,375</b>	1439,125
43	1232,625	<b>1373,125</b>	1409,375	<b>1481,28125</b>	1576,5
44	1334,125	<b>1414,375</b>	1477,625	<b>1531,65625</b>	1595,125
45	1477,5	<b>1576,84375</b>	1624,875	<b>1641,4375</b>	1673
46	1357,375	<b>1468,5</b>	1493	<b>1549</b>	1618,25
47	1363	<b>1495,75</b>	1519,125	<b>1606,625</b>	1703,375
48	1258,5	<b>1276,5</b>	1390,6875	<b>1416,75</b>	1467,75
49	1051,125	<b>1182,375</b>	1337,25	<b>1384,625</b>	1673,25
50	1019	<b>1111</b>	1248,75	<b>1368,375</b>	1606,25
51	1075	<b>1286,84375</b>	1367,9375	<b>1501,65625</b>	1584,5
52	1082,875	<b>1243,375</b>	1332,75	<b>1448,125</b>	1751,625
53	1130,25	<b>1216,90625</b>	1299	<b>1387,28125</b>	1493,375
54	521,25	<b>629,375</b>	1056,5625	<b>1179,5625</b>	1603,875
55	803,25	<b>1028,625</b>	1091,6875	<b>1163,8125</b>	1397,125
56	938	<b>982,625</b>	1237,625	<b>1363,875</b>	1434,125
57	537,25	<b>624,125</b>	1012,5625	<b>1180,1875</b>	1579,25
58	1068,625	<b>1257,6875</b>	1375,625	<b>1424,0625</b>	1583,25
59	600,5	<b>927</b>	1034,125	<b>1199,21875</b>	1558,25
60	563,875	<b>625,21875</b>	1066,375	<b>1257,15625</b>	1584,625
61	751	<b>1090,6875</b>	1227,625	<b>1372,75</b>	1651,875
62	1000,25	<b>1137,3125</b>	1174,75	<b>1202</b>	1279,375
63	961,375	<b>1148,6875</b>	1199	<b>1270,03125</b>	1477
64	583	<b>649,875</b>	913,4375	<b>1157,25</b>	1586,875
65	996,625	<b>1161,4375</b>	1226,4375	<b>1324,75</b>	1613,75
66	901,875	<b>1132,5</b>	1288,25	<b>1345,625</b>	1572,5
67	565,25	<b>822,59375</b>	1002,375	<b>1203,625</b>	1693,125
68	611,75	<b>718,84375</b>	1051,875	<b>1311,46875</b>	1609,75
69	564,875	<b>930,40625</b>	1155,9375	<b>1333,375</b>	1635,875
70	623,75	<b>799,34375</b>	926,3125	<b>1091,15625</b>	1513,625

**ANEXO 4.- TABLA DE LÍMITES PARA LA VELOCIDAD DEL VEHÍCULO.**

KILOMETRO	MINIMO	CUARTIL 1	CUARTIL 2	CUARTIL 3	MAXIMO
1	0	<b>7,328</b>	10,813	<b>15,25</b>	26,23
2	0	<b>6,78375</b>	22,3045	<b>37,55775</b>	61,16
3	0	<b>11,379</b>	17,777	<b>24,668</b>	40,086
4	15,262	<b>41,598</b>	62,2675	<b>66,28725</b>	85,102
5	54,371	<b>59,7615</b>	64,406	<b>68,85325</b>	72,426
6	54,496	<b>68,906</b>	74,301	<b>78,379</b>	89,211
7	52,164	<b>59,652</b>	62,791	<b>64,988</b>	71,363
8	32,105	<b>53,43575</b>	63,7815	<b>80,6865</b>	95,598
9	0	<b>0</b>	2,8245	<b>39,5645</b>	65,688
10	0	<b>15,176</b>	29,922	<b>47,367</b>	65,957
11	0	<b>19,53425</b>	33,4765	<b>47,04975</b>	73,664
12	38,711	<b>58,27175</b>	67,117	<b>73,066</b>	78,695
13	0	<b>4,48</b>	6,211	<b>58,23325</b>	86,406
14	49,75	<b>62,57</b>	70,598	<b>72,98</b>	83,059
15	38,77	<b>49,44725</b>	54,334	<b>62,3775</b>	71,949
16	4,922	<b>14,532</b>	17,891	<b>21,89225</b>	34,523
17	15,418	<b>22,8945</b>	40,707	<b>60,919</b>	68,766
18	34,617	<b>50,84</b>	56,922	<b>61,871</b>	74,867
19	71,949	<b>84,3655</b>	89,527	<b>91,418</b>	95,328
20	82,688	<b>89,87</b>	91,746	<b>95,747</b>	102,645
21	61,551	<b>72,422</b>	83,418	<b>90,38175</b>	95,836
22	62,531	<b>73,179</b>	84,3575	<b>89,816</b>	97,723
23	73,539	<b>79,637</b>	90,012	<b>91,925</b>	99,27
24	81,113	<b>89,922</b>	93,2125	<b>98,501</b>	101,313
25	78,996	<b>83,133</b>	86,168	<b>89,85</b>	95,461
26	65,637	<b>79,004</b>	83,7675	<b>91,595</b>	96,605
27	55,973	<b>66,133</b>	68,1895	<b>77,66625</b>	81,41
28	64,676	<b>79,004</b>	82,605	<b>88,094</b>	92,902
29	0	<b>13,62</b>	34,424	<b>52,22475</b>	71,855
30	67,504	<b>72,281</b>	87,635	<b>90,70525</b>	97,617
31	71,633	<b>81,707</b>	88,037	<b>91,07025</b>	95,77
32	75,383	<b>86,4805</b>	89,613	<b>105,1775</b>	110,645
33	66,535	<b>73,883</b>	90,338	<b>92,1895</b>	105,695
34	70,262	<b>73,551</b>	82,773	<b>91,69125</b>	97,109
35	76,008	<b>85,302</b>	90,223	<b>91,719</b>	95,102
36	71,57	<b>79,88775</b>	85,588	<b>89,914</b>	99,555
37	78,695	<b>84,933</b>	86,6095	<b>89,26625</b>	93,73
38	87,289	<b>94,5945</b>	97,617	<b>98,719</b>	103,457
39	79,203	<b>84,20325</b>	88,1075	<b>94,875</b>	101,57
40	70,824	<b>78,004</b>	84,164	<b>89,2625</b>	98,113



41	75,469	<b>78,418</b>	82,34	<b>83,977</b>	90,457
42	66,918	<b>75,57</b>	78,746	<b>81,53325</b>	88,383
43	78,059	<b>86,102</b>	88,094	<b>91,46975</b>	97,246
44	82,75	<b>88,04875</b>	92,16	<b>96,1005</b>	100,074
45	89,738	<b>96,598</b>	99,8225	<b>102,609</b>	104,512
46	82,926	<b>90,211</b>	92,7225	<b>97,628</b>	101,961
47	81,246	<b>91,727</b>	93,789	<b>99,35625</b>	106,91
48	78,922	<b>79,94075</b>	85,957	<b>88,29425</b>	91,324
49	65,801	<b>73,43075</b>	82,109	<b>85,477</b>	102,91
50	64,02	<b>69,26375</b>	76,09	<b>83,867</b>	101,125
51	70,152	<b>82,43675</b>	87,145	<b>93,8865</b>	98,227
52	70,52	<b>79,285</b>	83,547	<b>92,926</b>	109,48
53	69,742	<b>74,852</b>	80,309	<b>86,051</b>	93,934
54	0	<b>5,4705</b>	61,797	<b>73,28075</b>	87,746
55	19,906	<b>47,2825</b>	61,967	<b>68,246</b>	89,941
56	57,797	<b>60,098</b>	61,211	<b>63,70525</b>	67,926
57	0	<b>2,13375</b>	20,855	<b>36,0125</b>	66,711
58	48,242	<b>59,749</b>	65,277	<b>70,08175</b>	79,902
59	30,457	<b>44,3975</b>	54,879	<b>65,648</b>	73,531
60	0	<b>6,75175</b>	19,3245	<b>50,916</b>	73,086
61	35,668	<b>50,6565</b>	60,535	<b>67,699</b>	76,324
62	47,75	<b>59,00125</b>	71,764	<b>73,93</b>	79,906
63	59,797	<b>71,199</b>	75,223	<b>79,371</b>	91,781
64	0	<b>0,13575</b>	30,545	<b>51,306</b>	92,789
65	21,129	<b>52,2185</b>	58,004	<b>69,8495</b>	83,277
66	53,289	<b>61,602</b>	67,8305	<b>72,815</b>	82,063
67	8,555	<b>22,24725</b>	49,625	<b>59,115</b>	84,668
68	0	<b>12,244</b>	39,3245	<b>48,3135</b>	64,758
69	0	<b>13,65825</b>	22,6485	<b>31,9745</b>	53,414
70	0	<b>6,2115</b>	17,486	<b>22,8395</b>	31,563