Universidad de Costa Rica.

Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto de graduación, para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil.

Medición de la efectividad de un control policial de velocidad.

Área de ubicación del proyecto:

Transportes.

Estudiante:

Hélberth Umaña Alvarado.

Carné:

952923.

Periodo de conclusión:

II Ciclo 2007.

Umaña Alvarado, Hélberth.

Medición de la efectividad de un control policial de velocidad.

Proyecto de graduación - Ingeniería Civil, - San José, C.R.:

H.Umaña A., 2007

243h: ils. – 81refs.

Resumen.

Cuantificación de la distancia de utilidad de un control policial de velocidad.

Mediciones diarias de velocidad en el transcurso de un mes, en distintos puntos de una zona de estudio de 3 Km, (cuyo límite máximo de velocidad es de 60 KPH y TPDA de 21 000), en la Autopista Florencio del Castillo, en tres escenarios, a saber: anterior, durante y posterior, a la puesta en marcha de un operativo de control de policial de velocidad, con radar.

Desde un punto de vista benevolente con la utilidad del control, comparando las etapas anterior y durante, se percibe una disminución de la velocidad en 3 Km, (1300 m antes y 1700 m después del punto de control), comparando las etapas anterior y posterior, se percibe una disminución de la velocidad en 1,5 Km, (300 m antes y 1200 m después del punto de control). Sin embargo, desde un punto de vista estricto, analizando la obediencia al límite establecido para la zona, se obtiene utilidad únicamente durante el primer día del operativo, en una longitud de 500 m (200 m antes y 300 m después del punto en que se ubicó el operativo). Por otra parte, el límite máximo de velocidad de la zona, debería ser de 80 KPH.

VELOCIDAD; CONTROL POLICIAL; EFECTIVIDAD CONTROL VELOCIDAD; DISTANCIA EFECTIVIDAD CONTROL POLICIAL.

Ing German Valverde González, M.Sc., M.B.A.
Escuela de Ingeniería Civil.

Medición de la efectividad de un control policial de velocidad.

Hélberth Umaña Alvarado.

Dedicatoria.

A mi madre:
María Eugenia Alvarado Blanco,
quien con su
amor y ejemplo,
alumbró mis pasos.

Agradecimientos.

Principalmente a Dios, quien me ha sostenido, para siempre… gracias.

Personas:

Ing. German Valverde González, M.Sc., M.B.A.
Ing. Junior Araya Villalobos.
Ing. Jorge Picado Abarca.
Ing. Rafael Oreamuno.
Ing. Alvaro Poveda.
Ing. Rosendo Pujol.
Ing. Gustavo Badilla.
Ing. Alejandro Navas.
Ing. Fabián Elizondo.
Ing. Robert Brackett Quin.
Huanelge Gutiérrez.
Estadista María Isabel González Lutz.
Estadista Esteban Castro.
María Eugenia Alvarado Blanco.
Edwin Gerardo Umaña Alfaro.
Edgar Mauricio Quesada Rodríguez.
Kénder Alonso Picado Alvarado.
Erick Mauricio Alvarado Sotela.
Karla Patricia Umaña Alvarado.
Oscar David Umaña Alvarado.
Adam Steele.
Alejandra María Cortés Mejía.
Mariam América Madrigal Siliézar.

Instituciones:

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, (LANAMME).
Dirección General de Ingeniería de Tránsito, (DGIT), MOPT.
Dirección General Policía de Tránsito, (DGPT), MOPT.
Escuela de Ingeniería Civil, UCR.

Nómina.

Director:
Ing. German Valverde González, M.Sc., M.B.A.

Asesor:
Ing. Junior Araya Villalobos.

Asesor:
Ing. Jorge Picado Abarca.

Tabla de contenidos.

RESUMEN. I
DEDICATORIA. III
AGRADECIMIENTOS. IV
NÓMINA. V
TABLA DE CONTENIDOS. VI
ÍNDICE DE TABLAS. XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS. XIV
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS. XVIII
ÍNDICE DE FIGURAS. XIX
SIMBOLOGÍA. XX
UNIDADES. 22
1.1. TÍTULO. 1
1.2. OBJETIVO GENERAL. 1
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 1
1.4. PROBLEMA ESPECÍFICO. 1
1.5. IMPORTANCIA. 3
1.6. ALCANCES. 9
2.1. VARIABLES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD EN CARRETERA, SEGÚN SU ORIGEN. 12
2.2. TIPOS DE VELOCIDAD EN CARRETERA. 14
2.2.1 Velocidad de punto. *14*
2.2.2 Velocidad media temporal. *14*
2.2.3 Velocidad media espacial. *15*
2.2.4 Velocidad de recorrido. *15*
2.2.5 Velocidad de marcha. *16*
2.2.6 Velocidad de diseño. *16*
2.2.7 Velocidad de operación. *16*
2.2.8 Velocidad mediana. *16*
2.2.9 Velocidad moda. *17*
2.2.10 Velocidad de paso. *17*
2.2.11 Velocidad del percentil 85. ..... *17*
2.2.12 Velocidad del percentil 15. ..... *18*
2.3. MODOS DE MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD EN CARRETERA. 18
2.3.1 Marcas en el pavimento. *18*
2.3.2 Enoscopio. *19*
2.3.3 Radares. *21*

2.3.4 Video con reloj incorporado a la imagen. 22
2.3.5 Otros medios: 23
2.4. ESTADÍSTICA DE LA VELOCIDAD. 23
2.4.1 Definiciones básicas. 23
2.4.2 Modelos de probabilidad en este estudio. 27
2.4.3 Pruebas de Hipótesis. 32
2.5. RESUMEN DE LAS PRUEBAS DE HIPÓTESIS UTILIZADAS. 35
2.6. MÉTODO DE REGRESIÓN. 37
2.7. MODOS DE ESTABLECER EL LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD. 39
2.8. ANTECEDENTES TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DEL PROBLEMA. 40
2.9. MARCO TEÓRICO DEL ANÁLISIS DEL PROBLEMA Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA. 43
3.1. RECURSOS. 46
3.1.1 Recursos materiales utilizados. 46
3.1.2 Recursos informativos. 47
3.1.3 Recursos humanos. 48
3.2. METODOLOGÍA. 49
3.2.1 Tamaño de muestra: 49
3.2.2 Zona de estudio. 51
3.2.3 Anterior. 53
3.2.4 Durante. 55
3.2.5 Posterior. 57
4.1. RESULTADOS. 58
4.1.1 Resumen de los puntos analizados. 58
4.1.2 Comparación de parámetros estadísticos con y sin valores atípicos, (outliers). 60
4.1.3 Resumen de las mediciones. 64
4.1.4 Regresión de la etapa anterior. 75
4.1.5 Regresión de la etapa del durante. 82
4.1.6 Regresión de la etapa posterior. 99
4.2. LIMITACIONES. 111
4.2.1 Limitación 1: El operativo no pudo contar con datos para el fin de semana. 111
4.2.2 Limitación 2: No hubo completa duración del operativo. 111
4.2.3 Limitación 3: Se estudió únicamente el sentido de circulación Cartago – San José. 112
4.2.4 Limitación 4: El estudio no mide diferencias por carril derecho o izquierdo. 112
4.2.5 Limitación 5: Experimento realizado en sólo una carretera. 112
4.2.6 Limitación 6: Ausencia de mediciones en diferentes condiciones climáticas. 113
4.2.7 Limitación 7: Falta de medición de varios de los escenarios posibles. 113

4.2.8 Limitación 8: Imposibilidad de evitar el aviso a otros conductores mediante tiliteo de luces. 113

4.2.9 Limitación 9: Incertidumbre en las mediciones debido al ángulo de incidencia. 114

4.2.10 Limitación 10: Imposibilidad de obtener el comportamiento de la velocidad de los vehículos en todo el trayecto. 115

4.2.11 Limitación 11: Desconocimiento de la existencia y magnitud de uso de detectores de radar. 116

4.2.12 Limitación 12: Necesidad de interpolación o extrapolación de algunas medidas. 116

4.2.13 Limitación 13: No se retiró la señal de aviso de estudio de velocidad al terminar la etapa del Durante. 116

4.3. CONCLUSIONES. 117

4.4. RECOMENDACIONES. 119

4.4.1 Distanciamiento de 3 Km entre operativos. 119

4.4.2 Aumento de velocidad máxima a 80 KPH. 119

4.4.3 Automatización del proceso de multa a los infractores. 120

4.4.4 Estudio de este tema en otros escenarios y/o tecnologías. 121

4.4.5 Mejora del señalamiento vertical y horizontal. 121

4.4.6 Mayor control respecto a señales publicitarias. 122

4.4.7 Estudio de la posibilidad de eliminar algunos accesos a la vía. 122

4.4.8 Análisis de la posibilidad de un paso peatonal. 122

4.4.9 Corolario. 123

4.5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA. 124

5.1. MEDICIONES DE VELOCIDADES. 131

5.1.1 Etapa Anterior. 131

5.1.2 Etapa Durante. 138

5.1.3 Etapa Posterior. 147

5.2. ACLARACIONES SOBRE EL TRATAMIENTO ESTADÍSTICO. 161

5.3. VERIFICACIÓN DE ESTADO DEL RADAR. 163

5.4. REGRESIONES POR ETAPAS. 164

5.5. ETAPA ANTERIOR. 164

5.5.1 Regresiones de velocidad. 164

5.5.2 Polinomio de segundo grado. 164

5.5.3 Bondad de ajuste parabólico. 164

5.5.4 Falta de ajuste parabólico. 165

5.5.5 Análisis de variancia. 165

5.5.6 Estimación de parámetros 165

5.5.7 Ajuste lineal. 165

5.5.8 Bondad de ajuste lineal. 165

5.5.9 Falta de ajuste lineal. 165

5.5.10 Análisis de variancia. ... *166*
5.5.11 Estimación de los parámetros. ... *166*
5.5.12 Ajuste del promedio. ... *166*
5.6. ETAPA DURANTE. ... 167
5.6.1 Regresiones de velocidad. ... *167*
5.6.2 Polinomio de segundo grado. ... *167*
5.6.3 Bondad de ajuste parabólico. ... *167*
5.6.4 Falta de ajuste parabólico. ... *167*
5.6.5 Análisis de variancia. ... *168*
5.6.6 Estimación de parámetros. ... *168*
5.6.7 Ajuste lineal. ... *168*
5.6.8 Bondad de ajuste. ... *168*
5.6.9 Falta de ajuste. ... *168*
5.6.10 Análisis de variancia. ... *168*
5.6.11 Estimación de parámetros. ... *169*
5.7. REGRESIÓN LINEAL ETAPA DURANTE ... 169
5.7.1 Para x < 0. ... *169*
5.7.2 Para x > 0. ... *169*
5.7.3 Regresión lineal suprimiendo discontinuidad en x = 0. ... *170*
5.8. REGRESIÓN LINEAL ETAPA DURANTE DESAGREGADA POR DÍAS. ... 172
5.8.1 Lunes. ... *172*
5.8.2 Martes. ... *175*
5.8.3 Miércoles. ... *178*
5.8.4 Jueves. ... *181*
5.8.5 Viernes. ... *185*
5.8.6 Todos los días, excluyendo Lunes. ... *188*
5.8.7 Todos los días, excluyendo Jueves. ... *191*
5.8.8 Todos los días, excluyendo Lunes y Jueves. ... *195*
5.9. GRÁFICOS DE LOS RESULTADOS DE LAS REGRESIONES LINEALES, PARA EL PROMEDIO Y EL PERCENTIL 85, PARA LA ETAPA DEL DURANTE. ... 199
5.10. ETAPA POSTERIOR. ... 203
5.11. REGRESIÓN LINEAL ETAPA POSTERIOR ... 205
5.12. REPORTES DE LAS CORRIDAS DEL SOFTWARE METROCOUNT ... 208
5.12.1 Análisis de la muestra completa. ... *208*
5.12.2 Análisis de la submuestra similar a este proyecto. ... *210*
5.13. PRUEBAS DE HIPÓTESIS. ... 212
5.13.1 Comparaciones de diferencias de medias de fin de semana y entre semana. ... *212*

5.13.2 Diferencia de las medias Anterior - Posterior. *213*
5.13.3 Pendiente de recta de regresión del Antes es menor a cero. *214*
5.14. EFECTO DE PARALAJE. 215
5.15. EFECTO DOPPLER. 216

Índice de tablas.

Tabla 2-1: Esquema de las posibles situaciones que se pueden presentar respecto a sus errores, dadas dos hipótesis. 33

Tabla 3-1: Estimación del TPDA de la zona de estudio, en el sentido Este - Oeste..... 52

Tabla 3-2: Muestra de la tabla que se usó para la recolección de datos. 54

Tabla 4-1: Percentiles de todos los datos juntos 62

Tabla 4-2: Percentiles destacados del análisis sin valores atípicos. 62

Tabla 4-3: Momentos estadísticos. 62

Tabla 4-4: Momentos estadísticos destacados del análisis sin valores atípicos..... 62

Tabla 4-5: Estimación de parámetros de la normal. 63

Tabla 4-6: Estimación de parámetros normales de la velocidad excluyendo valores atípicos. 63

Tabla 4-7: Percentiles importantes. 63

Tabla 4-8: Determinación del percentil 85, una vez excluidos los valores atípicos. 63

Tabla 4-9: Resumen de promedios por etapa y día de la semana, con sus respectivos promedios. 68

Tabla 4-10: Porcentaje de desacato a diversos límites de velocidad, según la posición respecto al punto de control, en la etapa Anterior. 78

Tabla 4-11: Percentil 85, percentil 15 y Límite superior de Paso de Velocidad, obtenidos para la etapa anterior, en función de la distancia al punto de control. 80

Tabla 4-12: Valores medidos de promedio velocidad con sus respectivos intervalos de confianza al 95% y resultados de la regresión lineal para la etapa del durante, en función de su posición relativa al punto de control. 85

Tabla 4-13: Resultados de las regresiones lineales discontinuas y corregidas, con sus respectivos estadísticos F, para los percentiles 85 de velocidad, de cada día de la etapa del Durante. 91

Tabla 4-14: Resultados de las regresiones lineales discontinuas y corregidas, con sus respectivos estadísticos F, para los promedios de velocidad, de cada día de la etapa del Durante. 92

Tabla 4-15: Comparación de los porcentajes de desacato a determinado límite de velocidad, para las etapas Anterior y Durante y su respectiva diferencia, en función de la posición relativa al punto de control..... 96

Tabla 4-16: Variación en las etapas anterior y Durante del Percentil 85, Percentil 15 y el Límite Superior del Paso de Velocidad, en función de la posición relativa al control de velocidad. 98

Tabla 4-17: Velocidad medida con sus intervalos de confianza al 95%, junto con su los resultados de su regresión de velocidad, para la etapa Posterior. 102

Tabla 4-18: Evolución del porcentaje de desacato, con el límite de velocidad analizado dentro de cada etapa. 108

Tabla 4-19: Evolución del porcentaje de desacato en la etapa, dentro de cada límite de velocidad analizado. 108

Tabla 4-20: Variación en las etapas Anterior y Posterior de Percentil 85, Percentil 15 y Límite Superior de Paso de Velocidad, en función de la pasición respecto al punto de control. 110

Tabla 5-1: Valores obtenidos al verificar el estado del radar. 163

Tabla 5-2: Comparación de las medias de velocidad, de la etapa anterior, de fin de semana y entre semana con su respectiva probabilidad de ser distintos entre sí. 212

Tabla 5-3: Comparación de las medias de velocidad, de la etapa posterior, de fin de semana y entre semana con su respectiva probabilidad de ser distintos entre sí. 212

Índice de gráficos.

Gráfico 4-1: Resumen de los puntos en los que se tomaron mediciones en la etapa Anterior. 58

Gráfico 4-2: Resumen de los puntos en los que se tomaron mediciones en la etapa del Durante. 59

Gráfico 4-3: Resumen de los puntos en los que se tomaron mediciones en la etapa del Después. 60

Gráfico 4-4: Distribución de frecuencia y acumulada de todos los datos de velocidad. 61

Gráfico 4-5: Distribución de todas las velocidades, eliminando valores atípicos, (outliers). 61

Gráfico 4-6: Distribución acumulada de todos los datos. 63

Gráfico 4-7: Gráfico de distribución acumulada de probabilidad excluyendo valores atípicos. 63

Gráfico 4-8: Resumen de las velocidades por cada día de la semana, en la etapa Anterior. 64

Gráfico 4-9: Resumen de las velocidades por para cada día de la semana en la etapa Durante. 65

Gráfico 4-10:Resumen de las velocidades obtenidas para cada día de la semana en la etapa Posterior. 66

Gráfico 4-11: Comparación de los promedios de las tres etapas en el punto de control, con sus intervalos al 95% de confianza. 67

Gráfico 4-12: Promedios de velocidad por etapas, en comparación. a) Arriba: Entre semana. b) Abajo: Fines de semana. 68

Gráfico 4-13: Variaciones de las Velocidades y sus respectivas desviaciones estándar, para cada día, agrupados por etapas, sin tomar en cuenta la posición de las mediciones. 70

Gráfico 4-14: Comparación de las Velocidades y sus respectivas desviaciones estándar, para cada etapa, agrupadas por días, sin tomar en cuenta la variación por posición ... 71

Gráfico 4-15: Comparación de los resultados de velocidad promedio versus distancia respecto al punto de control, para las tres etapas. 72

Gráfico 4-16: Comparación de los promedios de velocidad, en función de la posición relativa al punto de control entre semana y fin de semana, para las tres etapas del proyecto. 74

Gráfico 4-17: Comparación de las curvas medida y pronosticada obtenidas para la Etapa Anterior..... 76

Gráfico 4-18: Variación según la posición relativa al punto de control del porcentaje de usuarios que irrespetaron determinado límite de velocidad para la etapa anterior..... 78

Gráfico 4-19: Variación en la etapa anterior de percentil 85, percentil 15 y límite superior del paso de velocidad, con la distancia respecto al punto de control. 80

Gráfico 4-20: Comparación de los promedios de la velocidad, en función de la posición relativa al punto de control, entre semana y fin de semana, para la Etapa Anterior, y la probabilidad de ser diferentes entre sí..... 81

Gráfico 4-21: Comparación de las curvas medida y pronosticada obtenidas para la etapa del Durante. 83

Gráfico 4-22: Velocidad promedio medida, con su respectivo intervalo de confianza al 95% y regresión lineal de la etapa Durante en función de la posición relativa al punto de control. 84

Gráfico 4-23: Diagrama de dispersión de los promedios de velocidad medida, en función de la posición relativa al punto de control, para cada día de la semana, para la Etapa Durante. 87

Gráfico 4-24: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para todos los días excluyendo Lunes y Jueves. 93

Gráfico 4-25: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para el día Miércoles. 93

Gráfico 4-26: Variación según la posición relativa al punto de control del porcentaje de usuarios que irrespetaron determinado límite de velocidad para las etapas Anterior y Durante. 95

Gráfico 4-27: Variación en la etapa Anterior y Durante de Percentil 85, Percentil 15 y Límite superior del Paso de Velocidad, con la distancia respecto al punto de control... 98

Gráfico 4-28: Comparación de las curvas medida y pronosticada de la velocidad para la etapa Posterior. 99

Gráfico 4-29: Promedio de velocidades medidas con su respectivo intervalo de confianza al 95%, y su regresión sin discontinuidad para la etapa Posterior. 101

Gráfico 4-30: Comparación de los promedios de la velocidad, en función de la posición relativa al punto de control, entre semana y fin de semana, para la Etapa Posterior, y la probabilidad de ser diferentes entre sí..... 103

Gráfico 4-31: Curvas predichas y medidas de velocidad de las tres etapas..... 105

Gráfico 4-32: Variación según la posición relativa al punto de control del porcentaje de usuarios que irrespetaron determinado límite de velocidad para las etapas Anterior, Durante Posterior, (ver leyenda debajo del gráfico). 107

Gráfico 4-33: Variación en las etapas Anterior y Posterior de Percentil 85, Percentil 15 y Límite superior del paso de velocidad, con la distancia respecto al punto de control.. 109

Gráfico 5-1: Diagrama de Dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control, para el día Lunes..... 200

Gráfico 5-2: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para el día Martes. 200

Gráfico 5-3: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para el día Jueves. 201

Gráfico 5-4: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para el día Viernes. 201

Gráfico 5-5: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para todos los días excluyendo Lunes. 202

Gráfico 5-6: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para todos los días excluyendo Jueves. 202

Índice de fotografías.

Fotografía 1-1: Cámara de vigilancia para el control de la velocidad, ubicada en un marco de metal que también se usa para sostener señales de tránsito. Fuente: Ing. German Valverde. 7

Fotografía 1-2: Este equipo portátil para el control automático de velocidad es de menor costo, pero requiere de más manipulación humana. Fuente Ing. German Valverde 8

Fotografía 1-3: Radar de medición de la velocidad dentro de un automóvil. Fuente: Ing. German Valverde..... 8

Fotografía 3-1: Equipo propiedad del Lanamme que se usó para la medición vehicular para determinar el TPD de la zona, a) caja principal del aparato, b) equipo instalado en la carretera, c) uno de los menús del programa que administra los datos tomados por el aparato. Fuente: Autor. 47

Fotografía 3-2: Momento de medición de velocidades en una de los puntos de análisis. Debió realizarse desde el auto debido a que el radar funcionaba con la batería de este. 55

Fotografía 3-3: a) Izquierda, punto de inicio de la zona de estudio, con la señal para hacerle saber al usuario que se le mide la velocidad. b) Derecha, parte final de la zona de estudio con su respectiva señal. 56

Índice de figuras.

Figura 1-1: Recientes incorporaciónes de ITS en Costa Rica. Fuente: La Nación. 9

Figura 2-1: Esquema del uso del enoscopio, a) entrada con dos enoscopios, b) salida con dos enoscopios, c) entrada con un enoscopio, d) salida con un enoscopio. 20

Figura 2-2: Tipos de errores estadísticos en la comparación de dos medias. 34

Figura 2-3: Curva u, de Solomon, en ella se nota claramente que al reducir o ampliar la velocidad respecto al promedio, aumenta el riesgo de sufrir un accidente..... 41

Figura 3-1: Zona de estudio seleccionada, con los puntos de control numerados según su distancia respecto al centro, el cual es el punto 0, que es donde se ubica la estación de peaje de esta ruta. Fuente: Google Earth, modificado por el autor. 52

Figura 4-1: Error cometido en la medición de la velocidad con un radar, debido al ángulo de incidencia..... 115

Figura 4-2: Posición sugerida para analizar la construcción de un puente peatonal, debido al alto flujo peatonal entre San Diego y el sur de Tres Ríos. Fuente: Google Earth, editada por el autor. 123

Figura 5-1: Codificación utilizada para introducir los datos en JMP. 162

Figura 5-2: Efecto de paralaje, los observadores A y B, registrarán distinto orden de objetos, debido a su punto de vista. 215

Figura 5-3: Ilustración del efecto Doppler, una fuente fija recibe ondas sonoras con diferente frecuencia, según la velocidad y posición de la fuente emisora respecto al receptor. 216

Simbología.

$[a,b]$: Intervalo cerrado entre a y b.

$\int$: Integral.

$\int_a^b$: Integral definida desde a hasta b.

$\sum$: Sumatoria.

$\sum_a^b$: Sumatoria desde a hasta b.

∞: Infinito.

$e \approx 2{,}72$

$\pi \approx 3{,}14$

α : Probabilidad de aceptar una hipótesis nula falsa.

β: Probabilidad de rechazar una hipótesis nula verdadera.

θ: Ángulo de incidencia.

(1- α): Confianza.

(1- β): Potencia de prueba. Ordenada del gráfico del apéndice de (45).

ϕ: Parámetro estadístico adimensional (para análisis gráfico).

A60: Área de aprendizaje para el límite de 60 KPH.

A75: Área de aprendizaje para el límite de 75 KPH.

A90: Área de aprendizaje para el límite de 90 KPH.

B (a,b): Función beta.

CDF: Función de Distribución Acumulada.

CV: Coeficiente de variación.

d: Distancia.

d_m: Unidad mínima representativa.

dx: Diferencial de la variable x.

D: Estimador.

$\in$: Pertenece a

E: Energía.

Γ (z): Función gamma.

H0: Hipótesis nula.

H1: Hipótesis alternativa.

I (x;a,b): Función beta regularizada.

IC: Intervalo de confianza.

k: Número de interacciones.

$\lim_{x \to b}$: Límite cuando x tiende a b

m: Grados de libertad del denominador.

m_a: Masa.

n: Tamaño de muestra o grados de libertad del numerador.

PDF: Función de densidad de probabilidad.

r: Grados de libertad de la muestra.

s: Desviación estándar.

s_X : Desviación estándar

s_X^2 : Variancia o varianza.

$\bar{s}$: Desviación estándar sin sesgo.

SSR: Suma de cuadrados de la regresión.

SSE: Suma de cuadrados del error.

SST: Suma de cuadrados totales.

$\sigma_{y.x}^2$: Media de los cuadrados de la regresión.

t: Tiempo.

t_i: Tiempo de la muestra i.

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

V_{85}: Velocidad del percentil 85.

Vc: Valor estadístico calculado.

Vt: Valor estadístico tabulado.

$\bar{v}_e$: Velocidad media espacial.

V_i: Velocidad de la unidad muestral i.

$\bar{v}_t$: Velocidad media temporal.

v: Velocidad.

$V(\beta)$: Matriz de varianzas y covarianzas.

$\bar{X}$: Promedio.

x: Suceso o variable.

X_i: Valor muestral i.

$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r} X_i^2$: Chi cuadrado.

$\bar{Y}$: Matriz de valores promedios.

$\hat{Y}$: Matriz de valores estimados.

${}_2F_1$ (a, b; c; z): Función hipergeométrica.

Unidades.

m: Metro.

s: Segundo.

h: Hora.

KPH: Kilómetros por hora.

MPH: Millas por hora.

Equation Section (Next)ll

1. Introducción.

1.1. Título.

Medición de la efectividad de un control policial de velocidad.

1.2. Objetivo general.

Cuantificar la efectividad, de un control policial de velocidad en una carretera nacional que presente alta incidencia de accidentes automovilísticos o irrespeto del límite máximo de velocidad.

1.3. Objetivos específicos.

- Cuantificar la influencia que tiene el control policial sobre la velocidad de operación del tramo de carretera seleccionado.

- Determinar la dimensión de la zona de influencia en la que este efecto es significativo.

- Auscultar si en la velocidad de los usuarios queda algún efecto de permanente, una vez concluido el operativo.

1.4. Problema específico.

Este proyecto surge como respuesta a la necesidad de evaluar qué tan efectivo es el control policial en la optimización del tránsito, concretamente en el aspecto de restringir

la velocidad en carretera, para el medio costarricense, ya que esta es una medida de control muy usual de la velocidad de operación de nuestra flota automotor.

Debido (entre otras coausas) a las condiciones geométricas y de diseño de algunos sectores de varias autopistas nacionales, muchos usuarios recurrentemente irrespetan los límites máximos de velocidad, poniendo en riesgo sus vidas, las de otros usuarios, y cuando se da un percance, provocan pérdidas económicas y demoras innecesarias a todos los usuarios de la vía. Y la sensación de impunidad hacia esa falta, puede generar en el usuario que normalmente respetaría el límite de velocidad, el deseo de sobrepasarlo también.

Es por este motivo que las autoridades a cargo de los oficiales de tránsito, los suelen ubicar en estas zonas, sin embargo no había un estudio en Costa Rica, de la longitud en la cual esta presencia policial, logra hacer al usuario respetar los límites establecidos de velocidad, o al menos ejerce una influencia en esta velocidad.

Analizando literatura internacional se encontró que en un estudio de tratamiento similar respecto a la definición de efectividad del operativo, realizado en Indiana, Estados Unidos (según Calica, Croethers y Shumate, citado en 29), se obtuvo una distancia de 4 millas (6,5 Km. aproximadamente). En otro estudio (según Joscelyn, Brian, Goldenbaum, citado en 29), se obtuvo 3,2 millas a cada lado, o sea 10 Km. de efectividad, (5 Km. antes y 5 Km. después), en un operativo que incluía una postura agresiva de parte de los oficiales, en configuración de listos para arrestar a los infractores. Además en otro experimento similar, (realizado por Hunter y Dart, citado en 29), se intentó infructuosamente mejorar el efecto, colocando una señal que avisaba a

los conductores su velocidad antes de que pasaran por la sección de control, pero esto más bien disminuyó el radio de efectividad a 2 millas a ambos lados, (3200 m). Finalmente, según Brackett Quin, R (29), en un estudio que incluyó el análisis de varias secciones de distintas carreteras, y la ubicación aleatoria del vehículo policial, encontró que esta distancia de utilidad, a la que él llamó “halo”, lo máximo que se puede extender es unas 14 millas, (22,5 Km), aproximadamente 4 millas (6,5 Km) antes del control, 10 millas (16 Km) después del mismo. Esta distribución asimétrica del “halo”, (por respetar la nomenclatura de Brackett), confirma que el resultado es fidedigno, pese a la sorpresa inicial. Por otra parte este mismo autor encontró, que para poder obtener un efecto que se sostenga después de concluido el operativo, se requiere que el periodo del Durante, sea de al menos seis semanas.

1.5. Importancia.

Los accidentes de tránsito son acontecimientos que causan un profundo malestar en las personas envueltas en el percance, pues en cuestión de segundos ven en riesgo su vida, la de sus acompañantes, y la de las personas en el vehículo que les colisionó o contra el que colisionaron.

El caso más grave es cuando se produce la muerte de alguno de los involucrados en el accidente. Para tener una idea de la importancia del fenómeno, según estadísticas del Poder Judicial (27), en nuestro país se producen aproximadamente 650 muertes en accidentes de tránsito al año.

Además provocan grandes pérdidas materiales. De hecho, las pérdidas directas se estiman en 1% del PIB (Producto Interno Bruto) de Costa Rica (27). Por otra parte, un

estudio cuyo objetivo fue determinar el total de costos directos e indirectos de los accidentes de tránsito, determinó que el total para el año 2000, fue de $125 millones (10). A modo de comparación, y usando el dólar como parámetro de comparación, el 1% del PIB del año 2000, fue de $28 millones corrientes (28).

Y es que no sólo se debe tomar en cuenta reparaciones y compensaciones a las víctimas, sino también, el concepto de costo de oportunidad de las personas cuyos ingresos dependen de su vehículo, (por ejemplo taxistas, empresarios de autobuses y de transporte de carga), y el costo de los años laborales perdidos, tanto para víctimas mortales, como lisiados. Además de costos de hospitalización, pago de incapacidades, entre otros. Por otra parte, el resto de usuarios de la vía experimenta un aumento de demoras.

Debido a que un elemento presente en muchos de los accidentes de tránsito, es la desobediencia al límite máximo de velocidad[1], en este estudio se determina que tan efectivo es el control policial de velocidad.

Según un estudio de accidentes de tránsito (18) en los cuales ha habido decesos, en el período de 1997 a 2001, nuestro país se caracterizó por los accidentes en tramos rectos, en aproximadamente un 65% de las muertes en el sitio; en contraposición con el incidente en curva, que tuvo una presencia del 20%, lo cual refleja la importancia del análisis de la velocidad en los tramos rectos, pues son estos los que le facilitan al usuario manejar a alta velocidad.

[1] De hecho según Cal y Mayor (5), esta es la causa más frecuente de accidentes de tránsito en el mundo, seguida por la invasión del carril contrario y lo que en un término muy incluyente llama imprudencia.

También cabe mencionar el estudio titulado, Factores que inciden en la ocurrencia de accidentes de Tránsito (4), en un análisis de datos existentes en el INS, para el periodo de 1988 a 1991, se concluye que 12.5% de los accidentes en que se ha producido algún deceso, fueron atribuibles a exceso de velocidad.

En el caso de México (15), para el año 2001 un 58,4% de los accidentes de tránsito en rutas federales se atribuyó a excesiva velocidad, y para el 2004 un 35,4% en este mismo rubro (16). Para ambos años esta fue la principal causa.

Como es de suponerse, a mayor velocidad es mayor el riesgo de sufrir un percance automovilístico, según Kloeden (17); a 60 Km/h un aumento de 5 Km/h de velocidad, duplica el riesgo de verse envuelto en un percance. Es por ello de suma importancia ejercer control y vigilancia de la velocidad de los vehículos en las carreteras nacionales.

Hasta este momento lo que se ha hecho al respecto en las carreteras nacionales ha sido el control mediante oficiales en automóvil o motocicleta, algunos de ellos, equipados con un radar capaz de medir la rapidez de un vehículo.

Es la opinión del autor que en la situación coyuntural del país, hay una valiosa oportunidad de incorporar tecnologías más avanzadas con mayor facilidad, pues el esquema de concesiones facilitaría la inversión inicial que exigen este tipo de controles, y los usuarios la pagarían en un periodo de tiempo largo, “diluida en el tiempo”, como dicen los economistas.

Aprovechando el avance tecnológico en distintas áreas, pero especialmente en la electrónica, la informática y las telecomunicaciones, se ha intentado con mucho éxito,

emplear tecnología de punta, en el control de muchas variables envueltas en el buen funcionamiento del tránsito vehicular, a estos sistemas se las ha llamado ITS (por las iniciales en inglés de Sistemas de Transporte Inteligente). Con su aplicación es más eficiente detectar a los infractores y aplicarles la medida correctiva que las regulaciones consideran apropiadas.

Pese a que la lista de aplicaciones es inmensa, algunos de los usos más comunes de los ITS internacionalmente (34) (36), han sido en sistemas de:

- Regulación y control de accesos.
- Información en ruta, (por ejemplo accidentes en la vía, condiciones climáticas, saturación).
- Coordinación de cruce de rutas de ferrocarriles.
- Información "antes del viaje", (por ejemplo en programas televisivos y/o radiales).
- Administración y ubicación de unidades vehiculares de una flota privada de transporte.
- Planeamiento de evacuación masiva y rápida de personas en centros urbanos.[2]

[2] Este uso se impulsó después de los ataques a las Torres Gemelas, lo cual muestra la variedad de aplicaciones potenciales, que pueden tener este tipo de tecnologías, aplicadas al transporte, aunque este no es su uso exclusivo, ya que también se ha planeado para mitigar efectos de desastres naturales.

- Auxilio en ruta.
- Control de peajes y de demanda
- Prepago de transporte público.
- Pilotaje automático.
- Regulación de la velocidad.
- Hay muchos tipos de ITS aplicados al control de la velocidad.

Fotografía 1-1: Cámara de vigilancia para el control de la velocidad, ubicada en un marco de metal que también se usa para sostener señales de tránsito. Fuente: Ing. German Valverde.

También se puede aprovechar la infraestructura ya existente, para bajar los costos, como por ejemplo se aprecia en la Fotografía 1-1, en la cual un pórtico para ubicación de señales de tránsito es utilizado para este propósito.

Además hay equipos portátiles, como el de la Fotografía 1-2, los cuales requieren de más manipulación humana. Tienen como ventaja que al ser portátiles, fácilmente se pueden cambiar de lugar, lo cual le impide al usuario, estar seguro de la posición específica del punto de control, en un momento dado. Aunque presentan el

inconveniente de que al requerir de un oficial de tránsito cerca para su vigilancia, genera cierta desconfianza en el usuario, entre otras cosas.

.

Fotografía 1-2: Este equipo portátil para el control automático de velocidad es de menor costo, pero requiere de más manipulación humana. Fuente Ing. German Valverde

Otro tipo existente es el que se incorpora al vehículo de un oficial de tránsito, como por ejemplo el de la Fotografía 1-3, con la ventaja de que su transporte es más cómodo y no se pierde tiempo instalándolo, pero con la misma desventaja comentada respecto al equipo de la fotografía anterior.

Fotografía 1-3: Radar de medición de la velocidad dentro de un automóvil. Fuente: Ing. German Valverde.

Es la opinión del autor, que debido a factores idiosincráticos del costarricense, es mejor para nuestro medio, un sistema totalmente automático, en que no medie intervención humana, al momento de informarle al infractor sobre su exceso de velocidad, como por ejemplo el de la Fotografía 1-1.

De hecho ya en Costa Rica se han dado dos importantes pasos en la incorporación de los ITS, como lo son:

- El establecimiento del Sistema Centralizado de Semáforos: este permite la optimización de las fases de los semáforos para agilización del tránsito, y otras aplicaciones, como por ejemplo en caso de ser necesario congestionar las vías, en una persecución policial, fácilmente se logra desde un centro de control, (19).

- Incorporación de Sistemas GPS en la Policía de Tránsito: esto facilita el proceso administrativo, y la ubicación de los percances es exacta, con lo cual se pueden generar estadísticas más precisas sobre cuales son los sitios o tramos con mayores índices de accidentalidad, (20).

Figura 1-1: Recientes incorporaciónes de ITS en Costa Rica. Fuente: La Nación.

1.6. Alcances.

El proyecto se desarrolló en la Autopista Florencio del Castillo, entre el 24 de abril del 2007 y el 20 de mayo del 2007, geográficamente hablando, la zona de estudio se ubicó

entre el punto de coordenadas (9º54’14” Norte, 83º58’58” Oeste), y el punto de coordenadas (9º54’05” Norte, 84º00’19” Oeste). Desde un punto de vista administrativo, en el cantón de La Unión, (en los distritos Tres Ríos y San Diego). Se seleccionó el sentido Este – Oeste de circulación, (o sea de Cartago hacia San José), debido a la pendiente positiva de esa dirección del flujo y a la presencia de la estación de peaje en el sentido opuesto.

Mediante la realización de este trabajo, se pretendió estimar un rango de longitud en que la ubicación de oficiales de tránsito en una carretera específica tiene un efecto respecto al control de velocidad. Con el fin de brindar las recomendaciones apropiadas al MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transportes), y demás instituciones interesadas; sobre la aplicación idónea de este tipo de medidas, y servir de incentivo a que otros estudiantes de Ingeniería Civil, analicen el tema en otro tipo de escenarios posibles y/o con otro tipo de tecnologías.

2. Marco Teórico.

Se define velocidad (2.1), como el cociente de la distancia de desplazamiento y el tiempo que se tarda en recorrerlo.

$$v = \frac{d}{t} \text{ (m/s)} \qquad (2.1)$$

Donde:

d: distancia, cuya unidad en el SI[3] es el metro (m).

t: tiempo, cuya unidad en el SI es el segundo (s)

v: velocidad, por ende tiene dimensiones de (m/s).

El estudio de este cociente es muy importante en Ingeniería de Tránsito, entre otros motivos porque:

- Tiene influencia en todas las etapas de la carretera, (desde el diseño a la operación).

- Es uno de los principales indicadores de la calidad de operación del sistema de transporte.

- Cronológicamente se observa que el avance tecnológico permite automóviles más baratos y más rápidos; sin embargo, las carreteras no tienen la misma vertiginosidad de avance.

[3] SI: Sistema Internacional de Medidas.

- Tiene influencia en la colocación de señales de tránsito.
- Imprescindible para determinar la longitud de carriles de ascenso.
- Necesario para garantizar algún tipo de seguridad vial.

2.1. Variables que afectan la velocidad en carretera, según su origen.

Muchos son las variables que intervienen en la velocidad en carretera. Al respecto Pignataro (26) las subdivide según su origen de la siguiente manera.

Conductor.

- Distancia de viaje.
- Cantidad de acompañantes.
- Género.
- Edad.
- Origen (urbano o rural).
- Estado marital.

Vehículo.

- Tipo.
- Edad.
- Peso.

- Fabricante.
- Potencia.

Carretera.

- Calidad.
- Ubicación geográfica.
- Curvatura.
- Visibilidad.
- Número de carriles.
- Superficie.
- Frecuencia y espaciamiento de las intersecciones.

Tráfico.

- Volumen.
- Densidad.
- Volumen opuesto.
- Maniobras de adelantamiento.
- Tipos de vehículos.
- Tecnologías de control de tránsito.

- Regulaciones de velocidad.

Ambiente.

- Hora.
- Estación.
- Condiciones climáticas.

2.2. Tipos de velocidad en carretera.

Según Cal y Mayor (5) y Pignataro (26), hay varios tipos de velocidad en carretera que merecen análisis desde el punto de vista de la Ingeniería de Tránsito, a saber:

2.2.1 Velocidad de punto.

Es la velocidad de un automóvil a su paso por un punto específico de la carretera, también llamada velocidad instantánea.

2.2.2 Velocidad media temporal.

Es la media aritmética de las velocidades de punto, de todos los vehículos que pasan por un punto específico de una carretera durante un intervalo seleccionado, por abreviar normalmente se le llama simplemente velocidad media.

$$\overline{v}_t = \frac{\sum_{i=1}^{n} v_i}{n} = \frac{(v_1 + v_2 + \ldots + v_n)}{n} \qquad (2.2)$$

Donde:

Vi: cada una de las velocidades de punto que se toman en un intervalo dado.

n: número de datos de velocidad con los que se cuenta.

$\overline{v}_t$: velocidad media temporal.

2.2.3 Velocidad media espacial.

Es la media aritmética de las velocidades de los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo específico de carretera.

$$\overline{v}_e = \frac{dn}{\sum_{i=1}^{n} t_i} \qquad (2.3)$$

Donde:

d: distancia de análisis.

ti: tiempo que le toma a cada vehículo recorrer la distancia de análisis.

n: número de datos de velocidad con los que se cuenta.

$\overline{v}_e$: velocidad media espacial.

La velocidad media espacial siempre es menor que la velocidad media temporal, salvo en la poco probable situación de que todos los vehículos circulen a la misma velocidad, en cuyo caso ambas velocidades serán iguales.

2.2.4 Velocidad de recorrido.

Es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el principio al fin del viaje, por el tiempo total que tomó recorrerla. Sin incluir el tiempo que toman demoras fuera de la carretera, como por ejemplo en algún puesto comercial o estacionado por una avería mecánica. También llamada global o de viaje.

2.2.5 Velocidad de marcha.

Es el resultado de dividir la distancia recorrida por el tiempo que tomó recorrerla mientras que el auto estuvo en marcha, (sin incluir paradas en la vía, como por ejemplo puede ser un embotellamiento, un semáforo en rojo o una señal de alto), o sea restándole al tiempo total, todo el tiempo que el vehículo estuvo detenido dentro de la vía. Esta velocidad será mayor o igual a la velocidad de recorrido.

2.2.6 Velocidad de diseño.

Es la velocidad máxima a la cual pueden circular los autos con seguridad sobre una determinada sección, cuando las condiciones ambientales y de tráfico son tan favorables, que permiten que la velocidad máxima sea regida por las características geométricas de la vía. También llamada velocidad de proyecto.

2.2.7 Velocidad de operación.

Es la velocidad más alta posible, (sin incluir tiempo de paradas en la carretera), a la que se puede ir en un tramo de la vía, bajo las condiciones instantáneas, sin exceder la velocidad de diseño.

2.2.8 Velocidad mediana.

Es el valor medio en una distribución de velocidades, cuyos valores se han ordenado ascendente (o descendentemente), de modo que la mitad de los valores son mayores que la mediana, (y la otra mitad inferiores). Por abreviar comúnmente se le llama sólo mediana.

2.2.9 Velocidad moda.

Es el valor de velocidad que aparece más veces en un muestreo. O sea aquella velocidad a la que más usuarios pasaron por el punto de observación. O simplemente moda.

2.2.10 Velocidad de paso.

Es el rango de 20 KPH, en el cual se registró el mayor número de mediciones. También conocido como paso de velocidad[4], o simplemente paso. Su importancia radica en que una de las estrategias más efectivas para mejorar el aprovechamiento de la capacidad de una vía, y para disminuir la cantidad de rebasamientos (mejorando con ello la seguridad vial de la vía), establecer como límite máximo de velocidad un valor igual o mayor a la cota superior de este rango (26).

2.2.11 Velocidad del percentil 85.

Es la velocidad obtenida de la curva de distribución de velocidades acumulada, para el percentil 85. Semejante a la mediana, la cual se obtiene de la misma curva, pero con el percentil 50. Es muy útil pues es uno de los parámetros internacionalmente más aceptados, para la determinación del límite máximo de velocidad (26).

[4] Del inglés “pace”, por lo cual normalmente se le abrevia como paso, en Estados Unidos se usa una banda de 10 MPH, lo cual equivale a 16 KPH, sin embargo es internacionalmente aceptado ampliar esta banda a 20 KPH, metodología que se usó en el presente estudio..

2.2.12 Velocidad del percentil 15.

Es la velocidad obtenida de la curva de distribución de velocidades acumulada, para el percentil 15. Semejante a la velocidad del punto anterior, pues es muy aceptado para la determinación del límite inferior de velocidad (26).

2.3. Modos de medición de la velocidad en carretera.

2.3.1 Marcas en el pavimento.

Consisten en marcas transversales que se hacen en el pavimento, para luego simplemente accionar un cronómetro cuando alguno de los ejes de un automóvil entra en la marca, y se detiene cuando el mismo eje abandona el área pintada.

Ventajas:

- Bajo costo.
- Casi no requiere de preparación del sitio o equipo previo a las mediciones
- Bajo costo de mantenimiento.
- Casi siempre se puede pasar desapercibido para el usuario, para no alterar el comportamiento usual de la muestra.

Desventajas:

- El hecho de que si las medidas son realizadas por distintas personas, se debe tener en cuenta la diferencia en tiempos de reacción.

- No se puede medir la velocidad de todos los usuarios, (aproximadamente 10 mediciones por minuto, en condiciones ideales de flujo vehicular).

- El efecto de paralaje, (Ver Anexo 5.14) es una fuente de error muy importante, y esta varía según la posición del observador.

2.3.2 Enoscopio.

Consiste en una caja en forma de L, abierta en ambos extremos, que en su vértice tiene un espejo a 45º, Un extremo de la caja se coloca perpendicular a la línea de entrada y/o de salida de la marca en el pavimento, para facilitar el observar cuando el auto entra o sale de la sección de análisis. En caso de contar con dos enoscopios, uno de ellos se coloca perpendicular al comienzo de la marca en el pavimento, y el otro al final de esta, mientras el observador se coloca en medio de ambos enoscopios. Normalmente se cuenta con un enoscopio para cada observador, por eso observador y enoscopio se ubican al comienzo y al final de la marca en el pavimento respectivamente, preferiblemente el observador detrás de un poste o árbol que le sirva de punto de referencia para saber el momento exacto cuando el auto entra en su línea de visión, de modo que accionará el cronómetro, una vez que el auto pasa perpendicular al final de la marca en el pavimento, la inclinación del espejo en la caja le permitirá saber que debe detener el cronómetro.

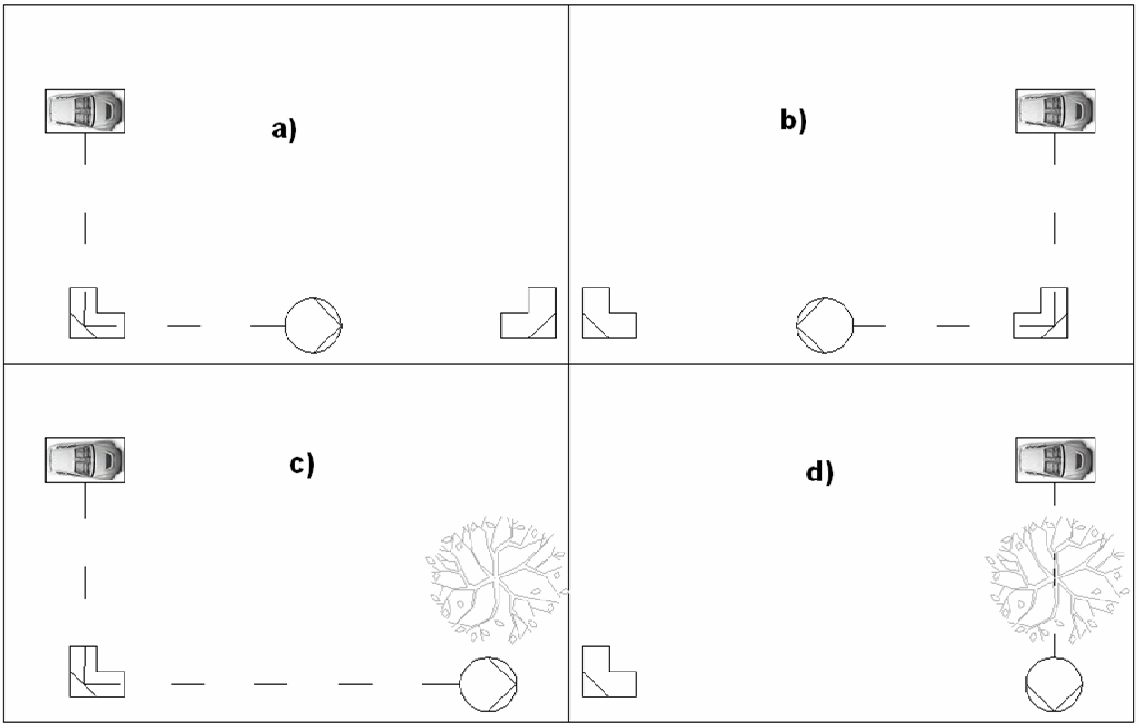


Figura 2-1: Esquema del uso del enoscopio, a) entrada con dos enoscopios, b) salida con dos enoscopios, c) entrada con un enoscopio, d) salida con un enoscopio.

Ventajas:

- Elimina el efecto de paralaje.
- Bajo costo.
- Fácil de instalar.
- Confiable.

Desventajas:

- Mantiene la incertidumbre dada por el tiempo de reacción del observador.
- Más lento que sin enoscopio.

- Es difícil pasar desapercibido ante el usuario; lo cual altera el resultado.

- No es apto para varios carriles.

2.3.3 Radares.

Los medidores de velocidad de radar[5] (26) son los instrumentos más empleados actualmente en Costa Rica para determinar velocidades puntuales, debido a su facilidad de transporte y de uso. Su funcionamiento se basa en el principio físico de que una onda de radio, reflejada por un objeto en movimiento, experimenta una variación en su frecuencia, que es función de la velocidad del objeto en que se reflejó dicha onda, lo que se conoce como Efecto Doppler, (ver Anexo 5.15) Midiendo el cambio de frecuencia, respecto a la onda emitida por el aparato, es posible determinar la velocidad del objeto que la refleja.

Ventajas:

- Fáciles de transportar.

- Sencillez de uso.

- Existen dispositivos de este tipo que se pueden alimentar con la energía de la batería de un vehículo, lo cual elimina el problema de las baterías.

[5] Radar: acrónimo ingles de “Radio Detection And Ranging”, lo cual traducido es: Detección y alcance por medio de ondas de radio.

Desventajas:

- Costo mucho mayor a los medios antes mencionados.
- Se cree que estar mucho tiempo expuesto a esta onda causa cáncer, pese a que esto parece más un mito urbano que un hecho científico (23).
- El ángulo de incidencia aporta una incertidumbre a la medición.
- Al pasar dos vehículos muy cercanos entre sí, queda la duda de cual de los dos se midió, (normalmente mide el de mayor masa, aunque a veces saber esto no es de mucha ayuda, pues no es fácil a simple vista decir cual pesa más).

2.3.4 Video con reloj incorporado a la imagen.

Con una cámara de video moderna, se puede grabar un periodo de tiempo determinado. La mayoría de cámaras incluyen entre sus capacidades, la de cronometrar en la imagen.

Ventajas:

- Grabación permanente de todo lo que se registra.
- Captación de todos los vehículos.
- Extracción de datos en la oficina.
- Se cuenta con la posibilidad de corregir errores.

Desventajas:

- Necesidad de encontrar un sitio apropiado para ubicar la cámara.
- Mayor probabilidad de errores, por lo monótono de la labor.
- Técnica muy lenta, tomará al menos el doble del tiempo analizado.
- Peligro de vandalismo, estos equipos son muy apetecidos por delincuentes.

2.3.5 Otros medios:

- Infrarrojos.
- Láser.
- GPS.
- Cintas.
- Tubos neumáticos.
- Fotografía.

2.4. Estadística de la velocidad.

2.4.1 Definiciones básicas.

2.4.1.1 Promedio.

Es la medida de tendencia central más utilizada, representativa y de significado intuitivo obvio, numéricamente definida como:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \tag{2.4}$$

Donde:

$\bar{X}$: Promedio

X_i: Muestra i.

n: Tamaño de muestra.

2.4.1.2 Variancia.

Es una medida de la variabilidad de la muestra, o sea de la dispersión alrededor de la media, numéricamente definida como:

$$s_X^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2}{n} = \frac{1}{n}\left[\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}{n}\right] \tag{2.5}$$

Donde:

s_X^2: Variancia.

$\bar{X}$: Promedio.

X_i: Muestra i.

n: Tamaño de muestra.

2.4.1.3 Desviación Estándar.

Es la raíz cuadrada de la variancia, lo cual le da la ventaja de, por decirlo de algún modo, tener las mismas unidades que las unidades muestrales, y numéricamente se le define como:

$$s_X = \sqrt{s_X^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{1}{n}\left[\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}{n}\right]} \qquad (2.6)$$

Donde:

s_X : Desviación Estándar.

s_X^2 : Variancia.

$\bar{X}$: Promedio.

X_i : Muestra i.

n: Tamaño de muestra.

2.4.1.4 Error Estándar.

Es un indicador de la confianza con que se puede suponer que la media de la muestra corresponde a la media real de toda la población en cuestión, para efectos numéricos es:

$$s_e = \frac{s_x}{\sqrt{n}} \qquad (2.7)$$

Donde:

s_e : Error Estándar.

s_x : Desviación Estándar.

n: Tamaño de muestra.

2.4.1.5 Desviación estándar sin sesgo.

Se usa para estimar el valor de la varianza y se le define como:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{n}{n-1}} * s \qquad (2.8)$$

Donde:

$\bar{s}$: Desviación Estándar sin sesgo.

s: Desviación Estándar.

n: Tamaño de muestra.

2.4.1.6 Coeficiente de Variación.

Es una medida de variabilidad adimensional, lo cual le permite ser intuitivamente sencillo de comprender, especialmente cuando se trabaja con resultados en unidades de medidas distintas y/o de magnitudes muy diferentes entre sí, y se le define como:

$$CV = \frac{s_x}{\bar{X}} * 100 \qquad (2.9)$$

Donde:

CV: Coeficiente de Variación.

s_x: Desviación Estándar.

$\bar{X}$: Promedio.

2.4.1.7 Intervalo de Confianza.

Dado un parámetro muestral, por ejemplo el promedio ($\bar{X}$), se puede calcular un estimador (D), en función del nivel de confianza (1-α), de modo que, se conoce como intervalo de confianza del parámetro, al rango comprendido entre el extremo inferior $\bar{X} - D$, y el extremo superior $\bar{X} + D$, de modo que:

$$IC = \left[\bar{X} - D, \bar{X} + D \right] \tag{2.10}$$

2.4.1.8 Función Densidad de Probabilidad, (PDF[6]).

Sea probabilidad, la cuantificación de la posibilidad de que se dé un suceso aleatorio x, se le llama Función de Probabilidad (41), a una función f(x), que indica la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los posibles valores que puede tomar la variable aleatoria x.

2.4.1.9 Distribución Acumulada de Probabilidad, (CDF[7]).

Se le llama Distribución Acumulada de Probabilidad F(x) (42), a la curva acumulada de la función de densidad f(x) del apartado anterior.

$$CDF(a) = \int_{-\infty}^{a} PDF(x)dx \tag{2.11}$$

2.4.2 Modelos de probabilidad en este estudio.

A continuación se presenta un resumen de algunas de las características más importantes, de los modelos de probabilidad que se usaron en este proyecto.

[6] Acrónimo inglés de Probability Density Function.

[7] Acrónimo inglés de Cummulative Distribution Function.

2.4.2.1 Normal.

Por mucho, es la distribución de variables continuas más utilizada, pues la mayor parte de los fenómenos observados se pueden modelar con ella, su función de densidad de probabilidad f(x) y su función de distribución acumulada F(x) respectivamente (40), son:

$$f(x) = \frac{e^{\frac{-(x_i-\bar{x})^2}{2s_x^2}}}{\sqrt{2\pi}s_x} \tag{2.12}$$

$$F(x) = \frac{1}{s_x\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{x}\left(\frac{e^{-(X-\bar{X})}}{2s_x^2}\right)dx \tag{2.13}$$

Donde:

$e \approx 2{,}72$

$\pi \approx 3{,}14$

s_x : Desviación Estándar.

$\bar{X}$: Promedio.

Características resaltables:

- $F(x) \geq 0$
- Simétrica respecto a su media, (x = 0).
- Desviación estándar igual a la unidad.
- Teóricamente tiene rango de $]-\infty,+\infty[$.

- $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$

- $\int_{a}^{b} f(x)dx = P(a < x < b)$

- Forma de campana, con máximo en x=0.

- Tiene dos puntos de inflexión, a saber ±1.

- Forma definida y única, al conocer la media y la desviación estándar.

2.4.2.2 t de Student.

La distribución t de student[8], está dedicada al análisis de muestras pequeñas, normalmente se acepta para un tamaño de muestra menor o igual a 30 ó 25 datos, dependiendo del teórico que haga la distinción. Su uso más común es en la estimación del error en la media muestral. Esta distribución, (43) tiene la siguiente función de densidad de probabilidad f(x) y función de distribución acumulada F(x) respectivamente:

$$f_r(t) = \frac{\Gamma\left[\frac{1}{2}(r+1)\right]}{\sqrt{r\pi}\Gamma\left(\frac{r}{2}\right)\left(1+\frac{t^2}{r}\right)^{\frac{(r+1)}{2}}} \qquad (2.14)$$

[8] Del Inglés, T del Estudiante; es una distribución estadística, publicada por primera vez en 1908, por William Sealey Gosset, (1876-1937), químico y estadístico inglés empleado por la compañía cervecera Guinness, la cual le prohibió publicar bajo su propio nombre, por lo cual lo hizo bajo el pseudónimo de Student.

$$F_r(t) = \frac{1}{2} + \frac{t\Gamma\left(\frac{1}{2}(r+1)\right)\,{}_2F_1\left(\frac{1}{2},\frac{1}{2}(r+1);\frac{3}{2};-\frac{t^2}{r}\right)}{\sqrt{\pi r}\,\Gamma\left(\frac{r}{2}\right)} \qquad (2.15)$$

Donde:

$t = \frac{X - \bar{X}}{s/\sqrt{n}}$, para estandarizar la muestra.

$\pi \approx 3{,}14$

r = n-1 (número de grados de libertad).

Γ (z): Función gamma.

${}_2F_1$ (a, b; c; z): Función hipergeométrica.

2.4.2.3 Chi cuadrada.

Si los valores muestrales tienen una distribución normal independiente, con promedio nulo y variancia unitaria, (tal y como la tiene una muestra estandarizada para la normal o la t de student), la magnitud de sus errores se distribuye como χ^2, con r grados de libertad. Se suele usar como en la estimación de varianzas, así como en pruebas de independencia, y de bondad de ajuste para estimar la pendiente de una recta de regresión lineal. Esta distribución (38), tiene la siguiente función de densidad de probabilidad f(x) y función de distribución acumulada F(x) respectivamente:

$$f_r(x) = \frac{x^{\left(\frac{r}{2}-1\right)} e^{\frac{-x}{2}}}{\Gamma\left(\frac{r}{2}\right) 2^{\frac{r}{2}}} \qquad (2.16)$$

$$F\left(\chi^2\right)=\frac{1-\Gamma\left(\frac{r}{2},\frac{\chi^2}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{r}{2}\right)} \tag{2.17}$$

Donde:

$e \approx 2{,}72$

Γ (z): Función gamma.

r: Grados de libertad.

$\chi^2=\sum_{i=1}^{r} X_i^2$: Chi cuadrado.

2.4.2.4 F de Snedecor - Fisher.

Es una distribución estadística continua que sirve para probar si dos muestras observadas tienen la misma variancia. Esta distribución, (39) tiene la siguiente función de densidad de probabilidad f(x) y función de distribución acumulada F(x) respectivamente:

$$f_{n,m}\left(x\right)=\frac{m^{\frac{m}{2}}n^{\frac{n}{2}}\chi^{2\left(\frac{n}{2}-1\right)}_{n}}{\left(m+n\chi^2{}_m\right)^{\frac{n+m}{2}}B\left(\frac{n}{2},\frac{m}{2}\right)} \tag{2.18}$$

$$F_{n,m}\left(x\right)=I\left(\frac{n\chi_n^2}{m+n\chi_m^2};\frac{n}{2},\frac{m}{2}\right) \tag{2.19}$$

Donde:

χ_n^2 : Variable que sigue distribución Chi cuadrado.

χ_m^2 : Variable que sigue distribución Chi cuadrado.

n: Grados de libertad del numerador.

m: Grados de libertad del denominador.

B (a,b): Función beta

I (x;a,b): Función beta regularizada.

$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r} X_i^2$: Chi cuadrado.

2.4.3 Pruebas de Hipótesis.

Es un procedimiento estadístico, para verificar si una hipótesis planteada es cierta o no. Se pueden plantear para cualquier distribución estadística, en particular las cuatro anteriores no son la excepción. Contiene los siguientes elementos:

Hipótesis nula, (H0). Lo que se supone cierto, siempre contiene la igualdad, su nombre viene del hecho de que es la hipótesis que se hace para anular.

Hipótesis alternativa, (H1). La que supone un cambio respecto a lo esperado, siempre debe contener alguna desigualdad o diferencia.

Significancia, (α). Probabilidad de cometer el error de dar por cierta una hipótesis nula que es falsa, o sea de cometer el error tipo I, ver Tabla 2-1. También llamada error aleatorio.

Confianza, (1-α). Es la probabilidad de aceptar una hipótesis nula que es verdadera.

Error tipo II, (β). Es la probabilidad de dar por falsa una hipótesis nula verdadera, o sea de cometer el error tipo II, ver Tabla 2-1.

Potencia de prueba, (1-β). Es la posibilidad de rechazar una hipótesis nula que es falsa.

Valor calculado, (Vc). Es el valor estadístico que se obtiene con el procedimiento numérico de la prueba en sí, este valor depende de los valores medidos en campo, y de la Distribución de Probabilidad que se usa para analizar el fenómeno en estudio.

Valor teórico, (Vt). Es el valor que se toma normalmente de alguna tabla, en la cual previamente se han tabulado los valores más usuales, para la Distribución de Probabilidad en cuestión. Normalmente está en función de la confianza que el analista desea que tengan sus resultados, aunque a veces también del tamaño y características de la muestra que se analiza. Este valor a veces no se usa, pues con la llegada de los procesadores y de programas para análisis estadístico, ya no es necesaria la comparación con el valor tabular, pues por métodos numéricos se puede de obtener la probabilidad de la hipótesis directamente para la distribución dada).

Comparación. Si Vt > Vc, se mantiene H0, caso contrario se rechaza.

Tabla 2-1: Esquema de las posibles situaciones que se pueden presentar respecto a sus errores, dadas dos hipótesis.

Realidad	Decisión	
	Mantener H0	Rechazar H0

H0 cierta	No hay error	Error tipo I (α)
H0 falsa	Error tipo II (β)	No hay error

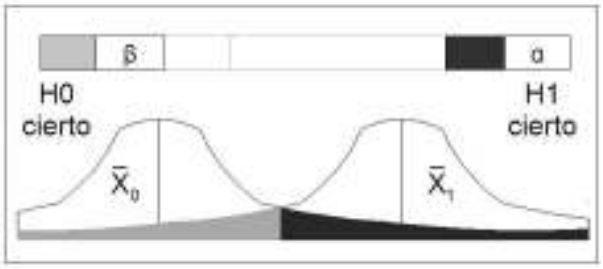


Figura 2-2: Tipos de errores estadísticos en la comparación de dos medias.

2.5. Resumen de las pruebas de hipótesis utilizadas.

Uso	H0	H1	Distribución	Vc	Vt
Comparación de dos medias.	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$ $\mu_1 \neq \mu_2$ $\mu_1 > \mu_2$	Normal.	$\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$ (2.20)	z_α $z_{\alpha/2}$ z_α
Comparación de tres medias.	$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$	Al menos una difiere	F de Snedecor – Fisher.	$\frac{\left[\sum(\bar{x}_t - \bar{x}_i)^2\right] / (i-1)}{\left(\sum s_i^2\right) / \left[i*(n-1)\right]}$ (2.21)	$F_{n-1,m-1,\alpha/2}$
Igualdad de varianzas.[9]	$s_1 = s_2$	$s_1 \neq s_2$	F de Snedecor – Fisher.	$\frac{\bar{s}_1^2}{\bar{s}_2^2} = \frac{s_1^2\left(\frac{n}{n-1}\right)}{s_2^2\left(\frac{m}{m-1}\right)}$ (2.22)	$F_{n-1,m-1,\alpha/2}$
Prueba de normalidad.[10]	Población normal.	Población no normal	Chi cuadrada	$\sum_{n=1}^{k}\left[\frac{(f_{real} - f_{teórica})}{f_{teórica}}\right]^2$ (2.23) Donde f es frecuencia y k es el número de frecuencias	$\chi^2_{k-3,\alpha/2}$
Correlación entre dos variables[11]	$\rho = 0$	$\rho \neq 0$	Chi cuadrada	$\frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ …(2.24) Donde $r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\left[n\sum x^2 - (\sum x)^2\right] * \left[n\sum y^2 - (\sum y)^2\right]}}$ (2.25)	$t_{\alpha/2,n-2}$
Significancia de un modelo de regresión[12]	Modelo no Significativo	Modelo Significativo	F de Snedecor – Fisher.	$\frac{SSR/glr}{SSE/gle}$ (2.26)	$F_{n-1,m-1,\alpha/2}$

[9] En términos estadísticos conocida como prueba de homocedasticidad.

[10] Normalmente llamada, bondad de ajuste.

[11] Para una mejor comprensión de esta pruebas de hipótesis, ver la siguiente sección.

[12] Para una mejor comprensión de estas prueba de hipótesis, ver la siguiente sección.

Uso	H0	H1	Distribución	Vc	Vt
Significancia del monomio i de la regresión.	Monomio i no Significativo.	Monomio i Significativo.	T de Student.	$\frac{b_i}{\sqrt{\sigma^2(b_i)}}$ (2.27)	$t_{\alpha/2,n-1}$
Normalidad de los errores.	Carencia de ajuste de los errores despreciable.	Carencia de ajuste de los errores significativa.	F de Snedecor – Fisher.	$\frac{\sum_{i=1}^{n}(\bar{y}_{x=i}-\hat{y}_{x=i})^2 \Big/ n-v-r+1}{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y}_{x=i})^2 \Big/ r-1}$ (2.2 Donde $\bar{y}_{x=i}$ es el promedio de las mediciones en x=i, $\hat{y}_{x=i}$ es el resultado de la regresión para el x=i, y_i cada uno de los valores medidos en x=i	$F_{n-v-r+1,r-1,}$ n: muestra v: variables r:medicion repetida

2.6. Método de regresión.

Dados dos conjuntos de valores pareados, a saber X, Y, tales que:

$$\{X\} = (x_1, x_2, x_3, ..., x_n)$$

$$\{Y\} = (y_1, y_2, y_3, ..., y_n)$$

Es muy práctico definir el vector $\vec{Y}$ de la siguiente manera:

$$\vec{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ . \\ . \\ y_n \end{bmatrix}$$

Y la matriz $[X]$, de este modo:

$$[X] = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & . & x_1^n \\ 1 & x_2 & x_2^2 & . & x_2^n \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ 1 & x_3 & x_3^2 & . & x_3^n \end{bmatrix}$$

Además definiendo $\vec{e}$, como el vector de errores en la estimación, se puede encontrar un vector $\vec{b}$, de coeficientes que relaciona los conjuntos $\{X\}$ y $\{Y\}$,según la ecuación matricial:

$$\vec{Y} = [X] * \vec{b} + \vec{e} \qquad (2.29)$$

Que relaciona el par ordenado (x_i, y_i) según la ecuación algebraica:

$$y_i = b_0 + b_1 * x_i + b_2 * x_i^2 + b_3 * x_i^3 + \ldots + b_n * x_i^n + e_i \quad (2.30)$$

Realizando la siguiente operación matricial:

$$\vec{b} = \left[X^T * X \right]^{-1} * \left[X \right]^T * \left[Y \right] \quad (2.31)$$

Además, es importante definir:

$$SSR = \left[Xb - \overline{Y} \right]^T * \left[Xb - \overline{Y} \right] \quad (2.32)$$

$$SSE = \left[Y - Xb \right]^T * \left[Y - Xb \right] \quad (2.33)$$

$$SST = \left[Y - \overline{Y} \right]^T * \left[Y - \overline{Y} \right] \quad (2.34)$$

$$\sigma_{y.x}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y})^2}{n - (I + 1)} \quad (2.35)$$

$$V(\beta) = \left[X^T * X \right]^{-1} \sigma_{y \cdot x}^2 = \begin{bmatrix} \sigma^2(bo) & \sigma(b0, b1) & . & . & \sigma(b0, bn) \\ \sigma(b1, b0) & \sigma^2(b1) & . & . & \sigma(b0, bn) \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ \sigma(b1, bn) & . & . & . & \sigma^2(bn) \end{bmatrix} \quad (2.36)$$

Donde:

SSR: Suma de cuadrados de la regresión.

$\overline{Y}$: Matriz de valores promedios.

SSE: Suma de cuadrados del error.

$\hat{Y}$: Matriz de valores estimados.

SST: Suma de cuadrados totales.

$\sigma^2_{y.x}$: Media de los cuadrados de la regresión.

$V(\beta)$: Matriz de varianzas y covarianzas.

Además se puede encontrar un intervalo de confianza de cada uno de los coeficientes de la ecuación de regresión, mediante la siguiente ecuación:

$$IC(b_i) = b_i \pm t_{\alpha,GL} * \sqrt{\sigma^2 (b_i)} \qquad (2.37)$$

2.7. Modos de establecer el límite máximo de velocidad.

Con base en la experiencia de Cal y Mayor (5), el siguiente es un orden de importancia apropiado, de los elementos que pueden servir de juicio, para establecer el máximo de velocidad permitido.

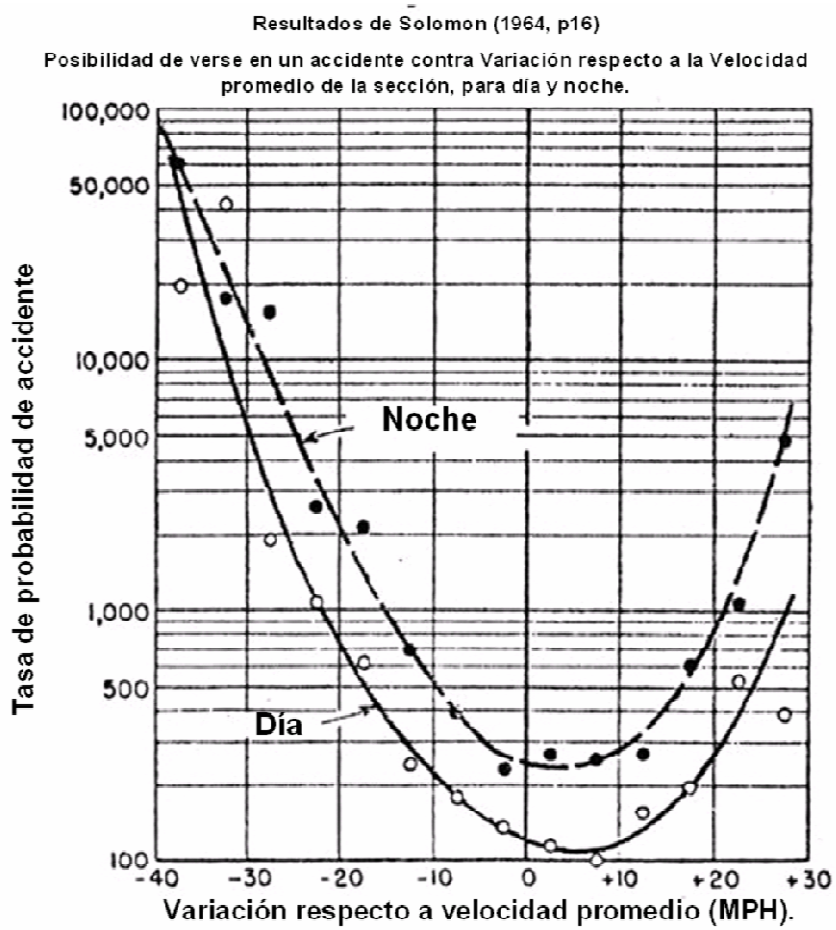
- Estudio técnico.
    - Percentil 85.
    - Vehículo flotante.
    - Velocidad de paso.
- Estudio de frecuencia de accidentes.

- Número de establecimientos comerciales por calle.
- Estudio de volúmenes de tránsito.
- Estudio de velocidad.
- Por observaciones de la policía.
- Ancho de la calle.
- Volúmenes peatonales.
- Por voto de la comunidad.
- Por encuesta.
- Opinión de autoridad policial.

Además este mismo autor (5), sugiere una tolerancia de 15 KPH, lo anterior debido a incertidumbres ineludibles, como por ejemplo la graduación del velocímetro y de los aparatos de medición, así como para evitar un ambiente de tensión entre usuarios y autoridad.

2.8. Antecedentes teóricos y prácticos del problema.

En Estados Unidos, ya desde 1964, con la célebre labor de Solomon, se había cuantificado el efecto de la alta (y baja) velocidad en la posibilidad de verse envuelto en un accidente. Y son muy conocidas sus “curvas u”, de ellas se muestra una en la Figura 2-3.



Fuente: Kloeden (17), Travelling speed and the risk of crash involvement, Volume 1.

Figura 2-3: Curva u, de Solomon, en ella se nota claramente que al reducir o ampliar la velocidad respecto al promedio, aumenta el riesgo de sufrir un accidente.

En Costa Rica, el tema de las velocidades de los automotores en autopistas ha sido de poco estudio, al respecto en la Universidad de Costa Rica se han realizado únicamente dos trabajos finales de graduación, a saber:

Estudio de velocidades de vehículos automotores en Costa Rica, realizado por Rónald Flores Vega, 1961[13] (7), en el cual se hace un inventario de los resultados de velocidades típicas, al margen de la reglamentación que rige para los tramos

[13] Se consigna esa fecha, por ser la que aparece como fecha de comienzo del estudio, pero la tesis no detalla la fecha de conclusión de la misma.

analizados, y sin tomar en cuenta el efecto de distorsión en la velocidad real, que da el elemento de medición, y posteriormente realiza una análisis estadístico de los datos.

Estudio de velocidades en las carreteras de Costa Rica, realizado por Javier González Morera, (11) 1963, el cual además de ser muy antiguo, se dedicó a estimar teóricamente las velocidades de ruedo de carreteras costarricenses, usando como variables de entrada: visibilidad, pendiente, condición de la superficie de ruedo, entre otras.

Sin embargo, en ninguna fuente costarricense se investiga el tema de la efectividad de algún control de velocidad.

Por otra parte el tema de los accidentes ha sido más estudiado, pero con enfoques más que nada estadísticos. Por ejemplo, respecto a grupos etáreos, estado de las carreteras, ubicación geográfica, día de la semana, hora del día, tránsito promedio diario de la zona (TPD), y otras variables. En este tipo de tesis, se puede mencionar por ejemplo:

Diagnóstico de la incidencia de accidentes de tránsito en el área central de San José (21), en que se determina estadísticamente que factores se han presentado más en estos accidentes, el tipo de colisión; para los años 1981 a 1983. Sin embargo el tema de la velocidad se deja de lado, posiblemente porque en el centro de la capital no es posible alcanzar gran rapidez.

Análisis de accidentes de tránsito en Costa Rica (1), en que se analiza estadísticamente la situación de Costa Rica en comparación con otros países, se clasifican y cuantifican

nuestros percances por tipo y zona, y se analiza la variación mensual, diaria y horaria, para los años 1975 a 1978. En este caso no se pudo determinar el motivo por el que el tema de la velocidad se deja de lado.

2.9. Marco teórico del análisis del problema y solución del problema.

Uno de los problemas asociados al crecimiento demográfico, es la congestión en carretera, la cual trae consigo muchas molestias, entre ellas:

- Aumento de demoras.
- Aumento de contaminación.
- Aumento de la cantidad de accidentes de tránsito.

Es precisamente hacia este último punto que se enfoca este proyecto. Es claro que a mayor velocidad, mayor energía cinética tiene un automóvil, por lo tanto, el riesgo de accidente es mayor, así como también aumenta la gravedad del accidente, al respecto se podrían citar muchas razones, entre ellas (13):

- Aumenta la distancia recorrida por el vehículo, desde que el conductor detecta una emergencia, hasta que reacciona. Esta razón está ligada al tiempo de percepción y reacción del individuo.
- Aumenta la distancia que el vehículo recorre antes de detenerse por completo. Esta razón está asociada al tiempo que le toma al vehículo el proceso de detenerse.

- La energía de los autos en colisión, aumenta con el cuadrado de la velocidad del impacto[14].

- A mayor velocidad, menor efectividad tienen los dispositivos de seguridad, como barras anti-impacto, cinturones de seguridad y bolsas de aire.

Internacionalmente existe mucha literatura que liga la velocidad de ruedo con la probabilidad de sufrir un percance. Analizando la literatura existente en el exterior por medio del uso de las bases de datos:

- TRIS.

- ProQuest.

- Science Direct.

Se consideró pertinente al estudio propuesto, la siguiente información:

Comparative evaluation of speed control strategies, realizado por Robert Quin Brackett, en un estudio similar al que se plantea, realizado en Texas, Estados Unidos (29), se analizó el efecto de hacer operativos de control de velocidad, en un tramo de carretera de 25 Km. de longitud, variando la ubicación de los oficiales de tránsito, y la frecuencia con que se realizaron los operativos, para medir la mejora en la reducción de la velocidad promedio.

14 A modo de referencia, la energía cinética es proporcional a la masa y al cuadrado de la velocidad. (E=ma*v$_{\wedge}$2/2).

A Case Controlled Study of Driving Speed and Crash Risk (7), investigación en la que se utilizan técnicas de reconstrucción de accidentes para estimar la velocidad a que ocurrió el incidente, de varios casos, en dos lugares Adelaida, Australia y Minnesota, Estados Unidos, y se usó el modelo de regresión Bayesiana, para estimar la relación entre velocidad y riesgo de accidente.

Road Safety Principles and Models: Review of descriptive, predictive, risk and accident consequence models (24), encuentra una relación cúbica entre cociente de cambio de velocidad y probabilidad de accidentes severos, y más aún una relación de la cuarta potencia entre cociente de cambio de velocidad y probabilidad de accidentes mortales.

Improving Safety and Security by Developing a Traffic Accident Prevention System (2), incluso va más allá, pues sienta las bases de un modelo para calcular el tiempo, al cual se espera ocurra un percance, en función del aumento de la velocidad.

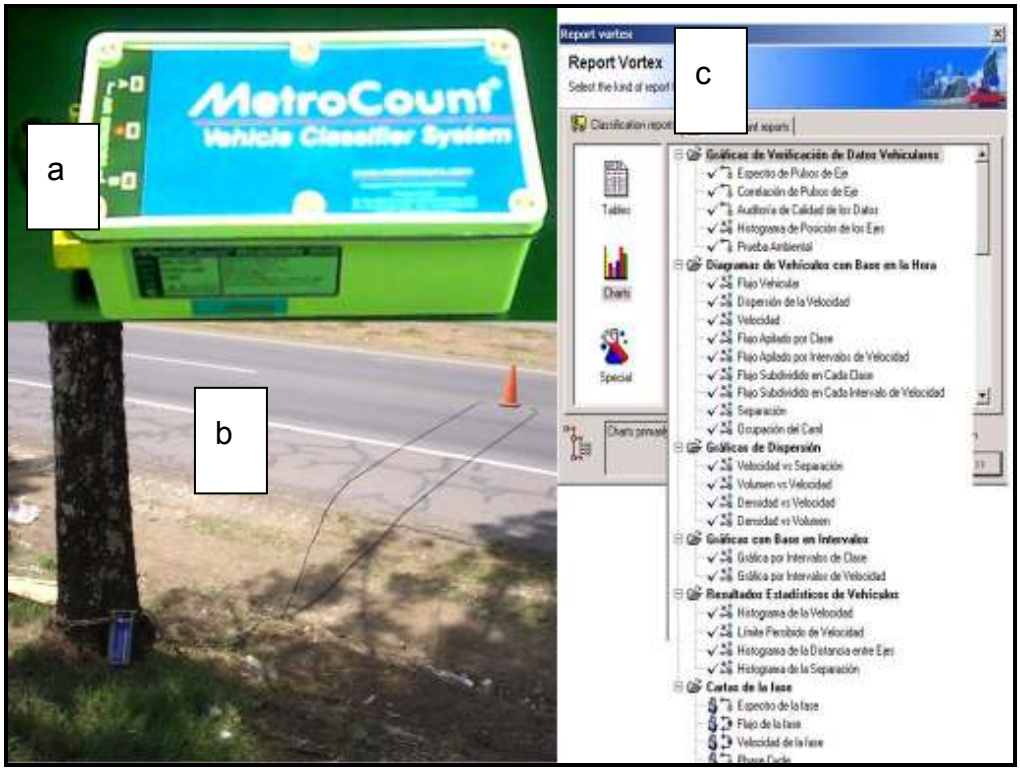
Equation Section (Next)

3. Realización del proyecto.

3.1. Recursos.

3.1.1 Recursos materiales utilizados.

- Cámara fotográfica digital.
- Computadora portátil personal.
- Equipo de medición automática de velocidad propiedad del Lanamme, (Fotografía 3-1 a).
- Software Metro Count Traffic Executive, que se incluye con la compra del equipo, (Fotografía 3-1 c).
- Automóvil.
- Radar para medición de velocidad.
- Software JMP, especial para análisis estadísticos, el cual es gratuito para investigaciones académicas.
- Lumenaut Softwares, para análisis estadísticos, el cual es gratuito para estudiantes universitarios, previa solicitud de una licencia temporal.



Fotografía 3-1: Equipo propiedad del Lanamme[15] que se usó para la medición vehicular para determinar el TPD de la zona, a) caja principal del aparato, b) equipo instalado en la carretera, c) uno de los menús del programa que administra los datos tomados por el aparato. Fuente: Autor.

3.1.2 Recursos informativos.

- Centro de documentación del CFIA, Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

- SIBDI, Sistema de Bibliotecas Documentación e Información.

15 Este funciona a través de unas mangueras que se conectan en la "boquilla" al lado izquierdo del aparato. Estas mangueras a su vez se colocan sobre la superficie de la carretera, y las mediciones se realizan con base en la interrupción del flujo de aire. El programa tiene la capacidad de generar reportes de conteo, clasificación vehicular, tipo de ejes, velocidades e histogramas de velocidad; entre otros, en ambiente gráfico. Además tiene la posibilidad de usar GPS (Sistemas de Posicionamiento Global).

- INS, Instituto Nacional de Seguros.

- INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos.

3.1.3 Recursos humanos.

- Se contó con la ayuda del Ing. German Valverde, en condición de profesor director.

- Se contó con la ayuda del Ing. Junior Araya y el Ing. Jorge Picado, en condición de profesores asesores.

- Se contó con la ayuda de la Unidad de Servicios Estadísticos (USES), especial mención merecen María Isabel González Lutz y Esteban Castro, funcionarios de la Escuela de Estadística de la UCR.

- Se contó con la colaboración del Subdirector de la Policía de Tránsito, Huanelge Gutiérrez; quien colaboró con la coordinación de operativos.

- Cuando fue necesario se contó con la ayuda de un asistente, para la toma de datos de velocidad.

- La Dirección General de Ingeniería de Tránsito (DGIT), proveyó y colocó dos señales de tránsito para avisar al usuario la presencia del operativo.

3.2. Metodología.

3.2.1 Tamaño de muestra:

Hipótesis nula:

H0: Vantes = Vdurante = Vdespués.

Hipótesis alternativa:

H1: Al menos una de las velocidades varía.

Valores de diseño estadístico.

Se definieron los siguientes valores:

α = 0.10, Probabilidad de aceptar una hipótesis nula falsa.

β = 0.05, Probabilidad de rechazar una hipótesis nula verdadera.

1- β = 0.95, (Ordenada del gráfico del apéndice de (45)).

Aplicando un análisis de interacciones:

$$\phi = \sqrt{\frac{nd_m^{\ 2}}{2ks^2}} \quad (3.1)$$

Este valor representa la abscisa del gráfico de análisis interactivo.

Donde:

ϕ: Parámetro estadístico adimensional (para análisis gráfico)

n: Tamaño de muestra.

d: Unidad mínima representativa.

k: Número de interacciones.

s: Desviación estándar.

I Iteración:

Tomando:

n = 30.

d = 10 (Infractor quien rebase el límite en al menos 10 KPH).

k=3 (Antes, durante, después, son las 3 interacciones presentes).

s=9 KPH (Tomado de un estudio realizado por el Lanamme en la zona, (37)).

Se tiene que:

$$\phi = \sqrt{\frac{30*10^2}{2*3*9^2}} = 2.48$$

Con lo cual (ver apéndice de (45)) se obtiene: 1- β = 0.60, MAL (Ordenada).

II Iteración:

Tomando:

n = 40.

d=10

k=3 (Antes, durante, después, son las 3 interacciones presentes).

s=9 KPH (Tomado de un estudio previo realizado por el Lanamme en la zona).

Se tiene que:

$\phi = \sqrt{\frac{40*10^2}{2*3*9^2}} = 2.87$. Con lo cual se obtiene: 1- β = 0.99 BIEN.

Por lo tanto se utilizará un tamaño de muestra de 40.

3.2.2 Zona de estudio.

El proyecto se realizó en la Autopista Florencio del Castillo, Ruta 2 (ver Figura 3-1) geográficamente hablando, la zona de estudio se ubicó entre el punto de coordenadas (9º54'14" Norte, 83º58'58" Oeste), y el punto de coordenadas (9º54'05" Norte, 84º00'19" Oeste). Desde un punto de vista administrativo, en el cantón de La Unión, (en los distritos Tres Ríos y San Diego). [16]

Se seleccionó el sentido Este – Oeste de circulación, (o sea de Cartago hacia San José), debido a la pendiente positiva de esa dirección del flujo y a la presencia de la estación de peaje en el sentido opuesto, la cual genera una distorsión muy grande que habría hecho imposible este proyecto. Los motivos de selección de este sitio fueron:

- Geometría de la carretera, en especial por los largos tramos rectos.
- Topografía, muy plana de la zona aledaña a la vía.
- Buen estado de la superficie de la carretera.
- Alto flujo vehicular de la zona.
- Alto flujo peatonal.
- Buena visibilidad (en el sentido longitudinal) de la vía.

[16] La versión digital de este proyecto cuenta con un video de la Zona de Estudio, para verlo, dar doble "clic", en el ícono que precede al número de pie de página, en el cuerpo del documento.

- Pendiente negativa en el sentido Este – Oeste.

Figura 3-1: Zona de estudio seleccionada, con los puntos de control numerados según su distancia respecto al centro, el cual es el punto 0, que es donde se ubica la estación de peaje de esta ruta. Fuente: Google Earth, modificado por el autor.

Por otra parte, se consideró importante cuantificar el TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) de la zona de estudio, lo cual se resume en la (Tabla 3-1).

Tabla 3-1: Estimación del TPDA de la zona de estudio, en el sentido Este - Oeste.

TPDA 2004[1]	19000
TPDA 2006[2]	21000
Años	2
Crecimiento	5.13%

1 Fuente: Planificación Sectorial, MOPT.

2 Fuente: Ing. Gustavo Badilla, Lanamme, estudio realizado del 23/mayo/2006 al 30/mayo/2006.

Una vez concluida la preparación, el proyecto consistió de tres etapas (escenarios) de prueba, las cuales se explican más adelante:

- Anterior.
- Durante.
- Posterior.

3.2.3 Anterior.

1. Demarcación de los puntos de control, (ver Figura 3-1.)
2. Verificación de precisión del Radar, (ver sección 5.2)
3. Estimación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), del tramo de carreterra en estudio, lo cual se realizó con datos del Departamento de Planificación del MOPT, y un estudio realizado en el 2006 por el Lanamme, (ver Fotografía 3-1 a.)

En la Tabla 3-2, se muestra un segmento de una de las tablas que se usó para tomar las mediciones, para ver los datos completos, refiérase a Anexo 5.1

Tabla 3-2: Muestra de la tabla que se usó para la recolección de datos.

	Posición						
Observación	**-1500**	**-1000**	**-500**	**0**	**500**	**1000**	**1500**
1	95	76	85	103	72	74	79
2	76	89	77	66	72	70	67
3	76	84	81	74	78	75	73
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
38	82	57	77	79	79	54	89
39	87	82	69	70	65	59	78
40	96	48	84	74	67	86	73
Promedio	78.29	72.80	76.93	75.17	74.66	73.29	74.73
Desv. Est.	10.86	10.15	9.99	10.35	9.37	7.49	8.88
Varianza	117.91	103.06	99.77	107.05	87.83	56.16	78.80
Moda	77	66	77	79	79	74	76

4. En cada uno de los puntos de control de la Figura 3-1, se realizaron 40 mediciones de velocidad de punto diarias, al azar, tal y como se puede apreciar en la Fotografía 3-2, para revelar el comportamiento inalterado de los usuarios en cada uno de esos puntos antes de que diera comienzo el operativo.

Fotografía 3-2: Momento de medición de velocidades en una de los puntos de análisis. Debió realizarse desde el auto debido a que el radar funcionaba con la batería de este.

Durante la primera etapa no hay operativo por parte de las autoridades de tránsito. Esta etapa tuvo una duración de seis días consecutivos, (ver sección 5.1.1).

3.2.4 Durante.

1. Colocación de las señales de aviso a los usuarios de la vía. En el punto 1, (o sea en -1500, ver Figura 3-1), se colocó una señal de aviso de que se estudiaría la velocidad de esa zona, (ver parte a, de la Fotografía 3-3). La señal anaranjada dice: “Estudio de velocidad”. En el punto 7, (o sea en 1500) se colocó una señal que marcaba el fin de la zona de estudio, (ver parte b de la Fotografía 3-3). En la señal se lee: “Fin de zona de estudio”. Ambas fueron diseñadas, siguiendo la normativa pertinente a la señal IE-4-2 del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito: Catálogo de Señales Verticales, debido a la similitud de la situación para la que esta se recomienda (32), (33).

2. Se coordinó con la Dirección General de la Policía de Tránsito, realizar para la siguiente etapa, un operativo de control de velocidad en el punto 4 (el cual está marcado con un cero en la Figura 3-1), para la etapa del Durante. Es necesario aclarar que no hubo días intermedios entre el Antes y el Durante, sino que al día siguiente del último día de la fase del Antes, comenzaron las mediciones del Durante.

Fotografía 3-3: a) Izquierda, punto de inicio de la zona de estudio, con la señal para hacerle saber al usuario que se le mide la velocidad. b) Derecha, parte final de la zona de estudio con su respectiva señal.

3. Al menos en los puntos 1, 2, 3, 5, 6, 7, (o sea 3 puntos antes y 3 puntos después del punto de control), se realizaron 40 mediciones de velocidad diarias, para revelar el comportamiento normal de los usuarios en cada uno de esos puntos mientras se daba el control de velocidad. Para una revisión de estos datos ver Anexo 5.1.1.

4. Conforme se fue avanzando en la medición de este comportamiento se fueron agregando puntos que se consideraron importantes para contar con más puntos que mejoren las regresiones, de modo que para los últimos días de esta etapa, hubo más puntos de control, estratégicamente concentrados en las cercanías del

punto de control principal (el 4), que sería el punto de intersección de los ejes de los gráficos subsecuentes. Esta etapa concluyó cuando se dejó de hacer el operativo de control de velocidad.

3.2.5 Posterior.

Se avisó a las autoridades de tránsito que cesaran los operativos en la zona.

En los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, (o sea los puntos -1500, -1000, -500, 0, 500, 1000, 1500 respectivamente, ver Figura 3-1), se realizaron 40 mediciones diarias de velocidades de punto, una vez que se había eliminado el control policial de velocidad. Con el fin de descubrir si en el comportamiento del usuario quedó algún efecto, debido a la costumbre generada en este, al ver durante los días anteriores un operativo en la misma zona, a las mismas horas y de características similares. Los datos obtenidos se encuentran en el apartado 5.1.3, llamado Etapa Posterior.

4. Análisis.

4.1. Resultados.

4.1.1 Resumen de los puntos analizados.

4.1.1.1 Etapa Anterior.

En el Gráfico 4-1, aparecen los días en que hubo mediciones en la etapa Anterior, junto con los respectivos puntos en los que se hicieron mediciones.

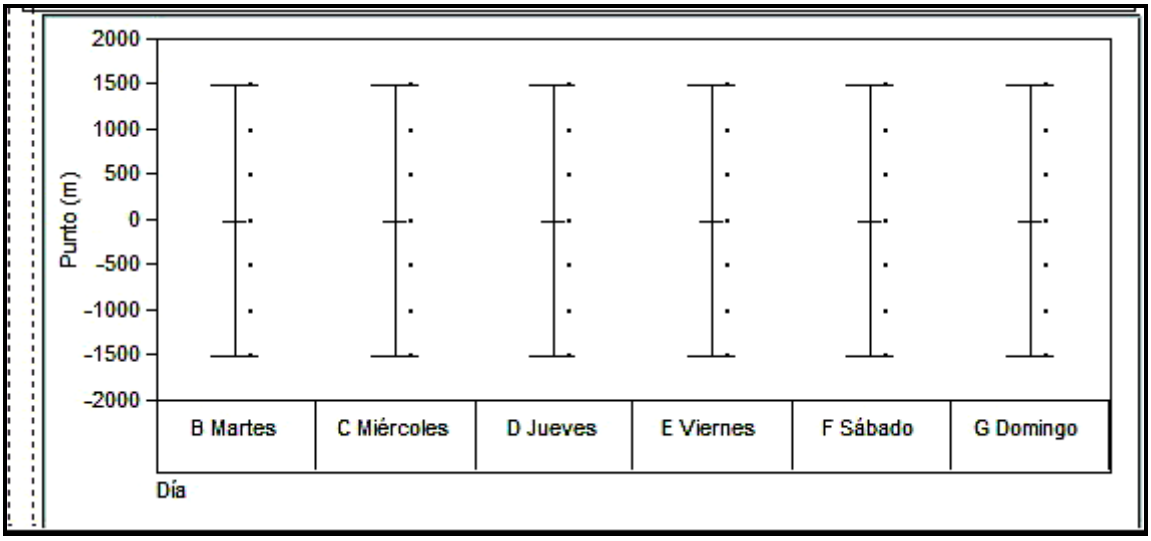


Gráfico 4-1: Resumen de los puntos en los que se tomaron mediciones en la etapa Anterior.

4.1.1.2 Etapa Durante.

En el Gráfico 4-2, aparecen los días en que hubo mediciones en la etapa Durante, junto con los respectivos puntos en los que se hicieron mediciones. Se observa que a partir del miércoles se agregaron más puntos a la Zona de Estudio, con el fin de dar más certeza a la regresión estadística, y descartar la posibilidad de que los resultados

obtenidos estuvieran a distancias tales que dejara duda en el comportamiento en la región comprendida entre los puntos analizados desde un principio.

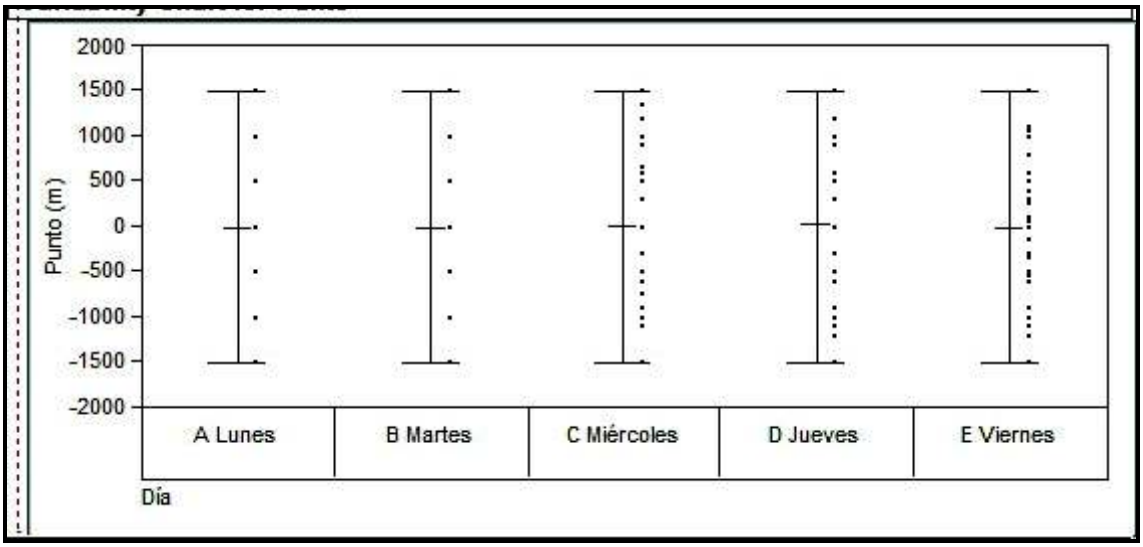


Gráfico 4-2: Resumen de los puntos en los que se tomaron mediciones en la etapa del Durante.

4.1.1.3 Etapa Posterior.

En el Gráfico 4-3, aparecen los días en que hubo mediciones en la etapa Posterior, junto con los respectivos puntos en los que se hicieron mediciones. Hasta donde fue posible, se mantuvo constante la ubicación de los puntos tal y como se midió en el último día de la etapa del Durante, para no variar mucho los tamaños de muestra.

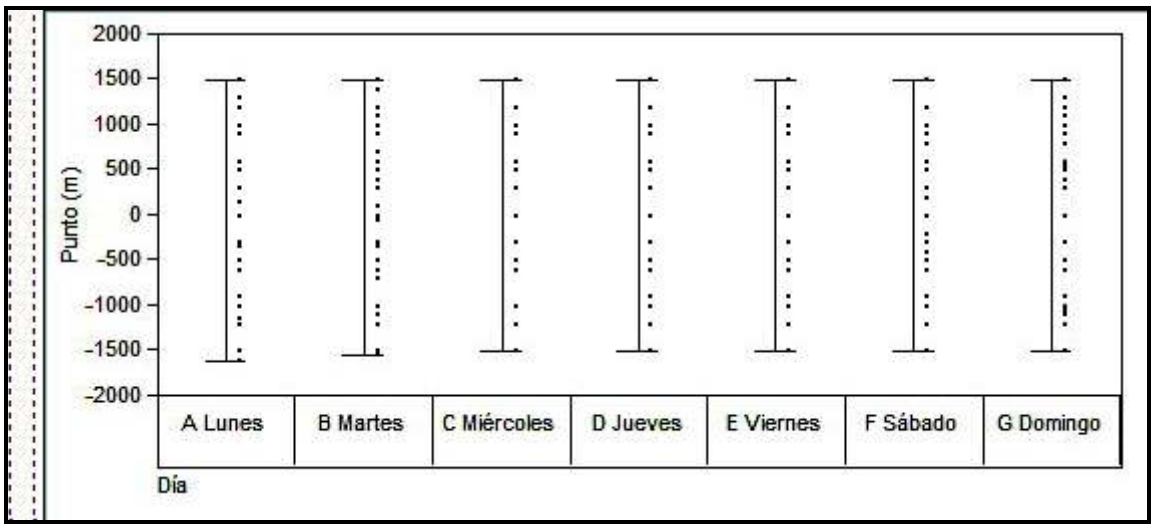


Gráfico 4-3: Resumen de los puntos en los que se tomaron mediciones en la etapa del Después.

4.1.2 Comparación de parámetros estadísticos con y sin valores atípicos, (outliers).

Con el fin de analizar la diferencia en los datos medidos, se comparó los resultados de los principales parámetros estadísticos para los valores completos (al lado izquierdo de los gráficos y tablas de las siguientes dos páginas) y para los datos una vez excluidos los valores atípicos (al lado derecho).

Se definió valor atípico, como aquel fuera del intervalo de confianza de tres veces la desviación estándar.

$$v_i \in IC \Leftrightarrow \left[\overline{v} - 3s \leq v_i \leq \overline{v} - 3s\right] \qquad (4.1)$$

Donde:

Vi: Velocidad de la medición i.

IC: Intervalo de confianza.

$\overline{v}$: Promedio de la velocidad.

s: Desviación estándar de la velocidad.

Lo cual arrojó el resultado de que el intervalo de valores aceptado como normal, sería aproximadamente el de 40 KPH a 110 KPH.

Al respecto los gráficos de esta sección, (a saber: Gráfico 4-4, Gráfico 4-5, Gráfico 4-6, Gráfico 4-7), son los que muestran la mayores diferencias entre sí, lo cual es normal, pues estos son los que muestran la dispersión de la muestra, y al eliminar valores muy altos y muy bajos se elimina gran parte de la variabilidad, que es el propósito.

Sin embargo, al observar la Tabla 4-1 y la Tabla 4-2 se nota que casi no hay variación en los percentiles centrales de la distribución acumulada. Misma situación que se da respecto a los momentos estadísticos, ver Tabla 4-3 y Tabla 4-4.

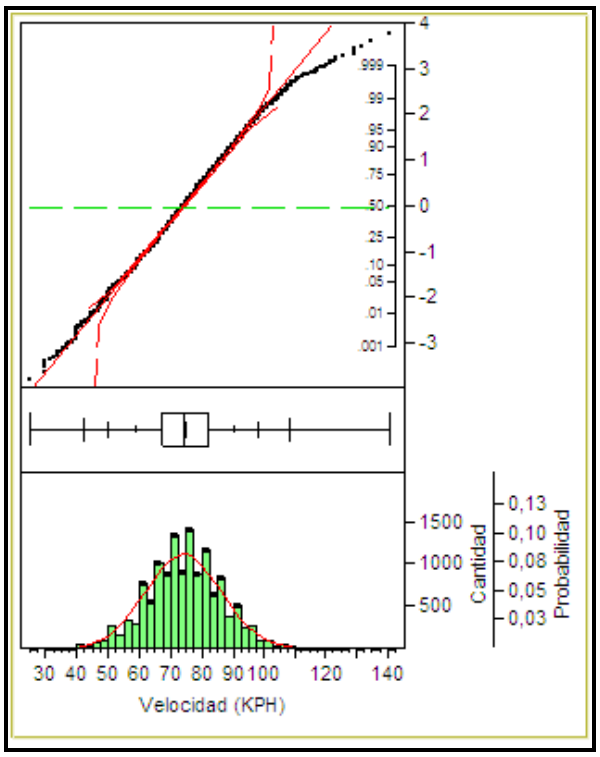


Gráfico 4-4: Distribución de frecuencia y acumulada de todos los datos de velocidad.

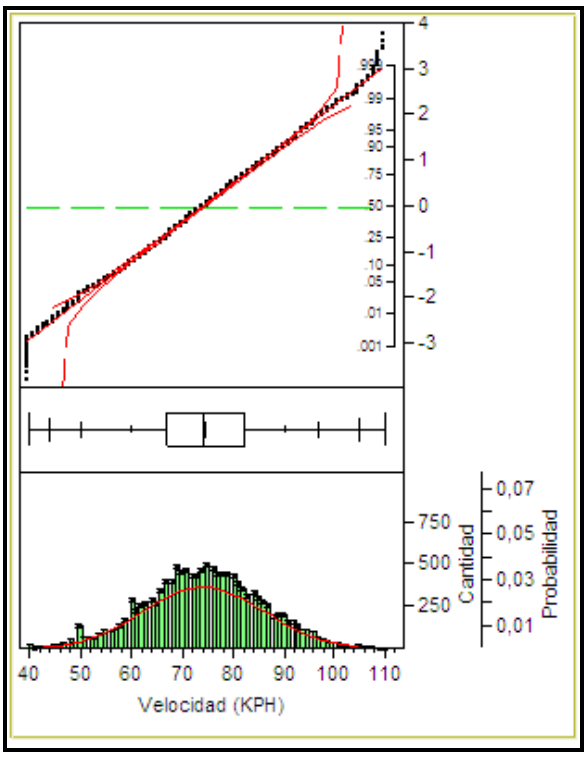


Gráfico 4-5: Distribución de todas las velocidades, eliminando valores atípicos, (outliers).

Tabla 4-1: Percentiles de todos los datos juntos

100.0%	maximum	141,00
99.5%		108,00
97.5%		98,00
90.0%		90,00
75.0%	quartile	82,00
50.0%	median	74,00
25.0%	quartile	67,00
10.0%		59,00
2.5%		50,00
0.5%		42,00
0.0%	minimum	25,00

Tabla 4-2: Percentiles destacados del análisis sin valores atípicos.

100.0%	maximum	110,00
99.5%		105,00
97.5%		97,00
90.0%		90,00
75.0%	quartile	82,00
50.0%	median	74,00
25.0%	quartile	67,00
10.0%		60,00
2.5%		50,00
0.5%		44,00
0.0%	minimum	40,00

Tabla 4-3: Momentos estadísticos.

Mean	74,378319
Std Dev	12,116788
Std Err Mean	0,1039121
upper 95% Mean	74,582001
lower 95% Mean	74,174637
N	13597
Sum Wgts	13597
Sum	1011322
Variance	146,81656
Skewness	0,0529136
Kurtosis	0,5027024
CV	16,290753

Tabla 4-4: Momentos estadísticos destacados del análisis sin valores atípicos.

Mean	74,313996
Std Dev	11,772857
Std Err Mean	0,1012047
upper 95% Mean	74,512372
lower 95% Mean	74,115621
N	13532
Sum Wgts	13532
Sum	1005617
Variance	138,60016
Skewness	-0,033105
Kurtosis	-0,014708
CV	15,842045

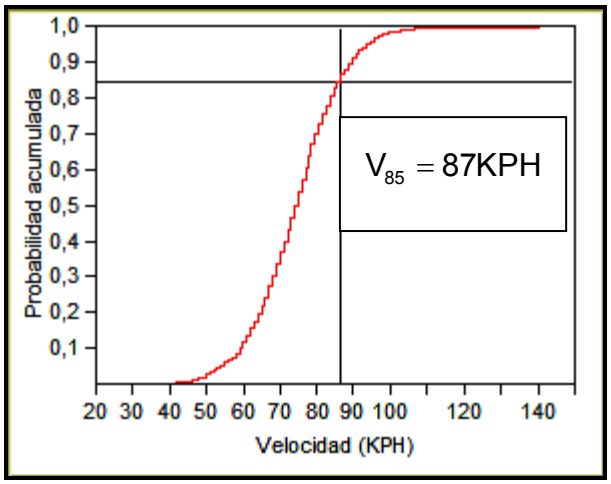


Gráfico 4-6: Distribución acumulada de todos los datos.

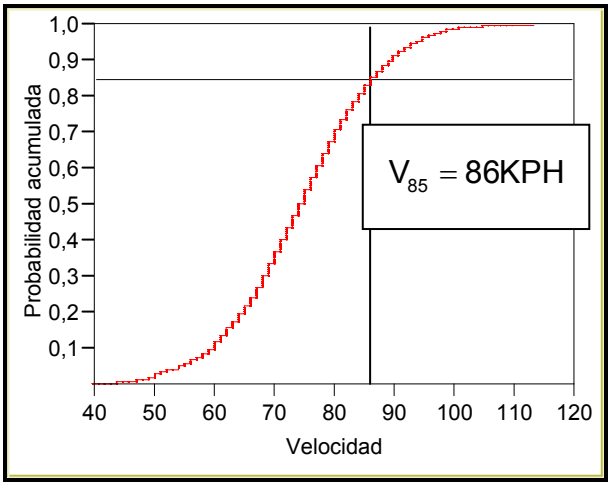


Gráfico 4-7: Gráfico de distribución acumulada de probabilidad excluyendo valores atípicos.

Tabla 4-5: Estimación de parámetros de la normal.

Type	Parameter	Estimate	Lower 95%	Upper 95%
Location	Mu	74,378	74,17	74,58
Dispersion	Sigma	12,116	11,97	12,26

Tabla 4-6: Estimación de parámetros normales de la velocidad excluyendo valores atípicos.

Type	Parameter	Estimate	Lower 95%	Upper 95%
Location	Mu	74,314	74,11	74,51
Dispersion	Sigma	11,772	11,63	11,91

Tabla 4-7: Percentiles importantes.

Percentile	Quantile
0,0500	54,4480
0,8500	86,9366
0,9500	94,3087

Tabla 4-8: Determinación del percentil 85, una vez excluidos los valores atípicos.

Percentile	Quantile
0,0500	54,9494
0,8500	86,5158
0,9500	93,6786

Finalmente la comparación de la Tabla 4-5 con la Tabla 4-6, y de la Tabla 4-7 con la Tabla 4-8, muestran que la variación en los resultados más importantes, es muy poca. Con base en esto se decidió continuar el análisis con todos los datos, pues además de que provocan poca variación, son parte de la realidad de la vía.

4.1.3 Resumen de las mediciones.

4.1.3.1 Etapa Anterior.

Con todos los datos de la etapa Anterior se construyó el Gráfico 4-8 en el cual se observa que la etapa del durante tuvo un promedio de aproximadamente 75 KPH, con el mínimo el miércoles, y el máximo el domingo. Para más información respecto a los resultados de esta etapa, véase el Anexo 5.5. Estas diferencias no resultaron estadísticamente significativas al 95% de confianza.

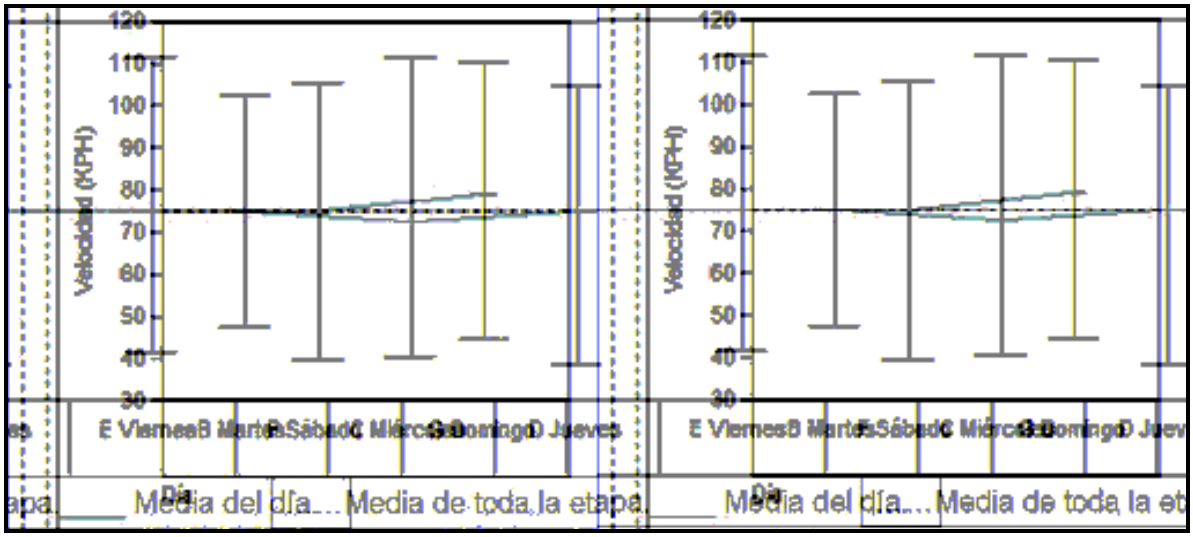


Gráfico 4-8: Resumen de las velocidades por cada día de la semana, en la etapa Anterior.

4.1.3.2 Etapa Durante.

Con base en los datos de la etapa Durante, se construyó el Gráfico 4-9 en el cual se observa que esta etapa tuvo un promedio de aproximadamente 71 KPH, con el mínimo el lunes, y el máximo el martes. Para más información respecto a los resultados de esta etapa, véase el Anexo 5.5. De estos datos, solamente el lunes resultó estadísticamente distinto a los demás. Es normal que el primer día de un experimento de tránsito los resultados sean inusuales.

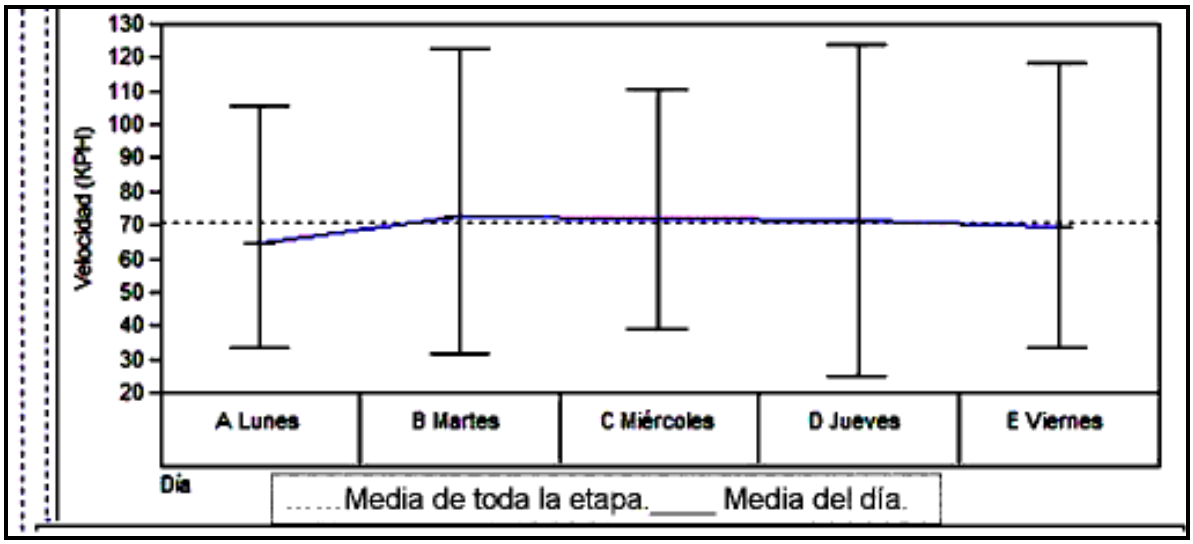


Gráfico 4-9: Resumen de las velocidades por para cada día de la semana en la etapa Durante.

4.1.3.3 Etapa Posterior.

Con todos los datos de la etapa Durante se construyó el Gráfico 4-10 en el cual se observa que la etapa Posterior tuvo un promedio de aproximadamente 75 KPH, con el mínimo el lunes y el máximo el jueves. Para más información respecto a los resultados de esta etapa, véase el Anexo 5.10.

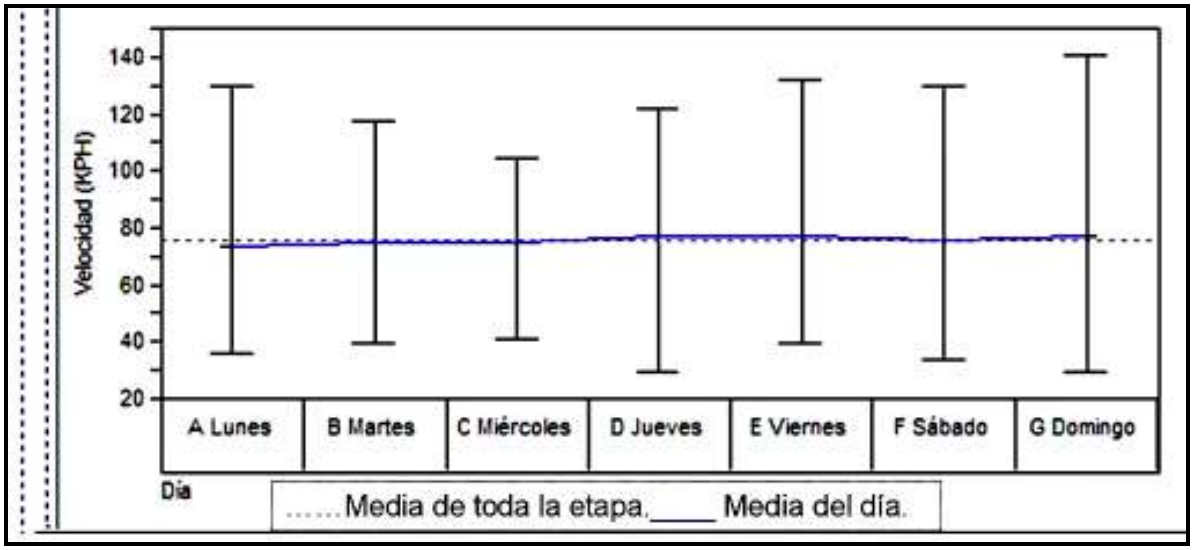


Gráfico 4-10:Resumen de las velocidades obtenidas para cada día de la semana en la etapa Posterior.

Integrando la información recavada por etapas, se realiza el Gráfico 4-11, en el cual se observan los valores promedio de velocidad de cada etapa y la relación de estas etapas entre sí sin tomar en cuenta la posición de las mediciones. Al respecto hay dos puntos que se deben subrayar:

El promedio del Durante es menor que el promedio de Anterior, con suficiente margen de confianza, prácticamente el 100% de confianza, como era de esperarse.

En el total general, no hay efecto posterior, pues el promedio de esta etapa más bien es superior al promedio de la etapa Durante. Pese a que analizando cada submuestra por aparte y obteniendo el intervalo de confianza (al 95%), se aprecia que para el punto de control sí hay una clara diferencia en la madia de la velocidad de la etapa anterior con la posterior, véase el Gráfico 4-11. Debido a lo anterior se realizó la prueba de hipótesis de la diferencia de dos medias descrita en la ecuación (2.20), obteniéndose que al 95%

de confianza sí hay certeza de que la media de velocidad de la etapa anterior es mayor que la media de la velocidad de la etapa Posterior, ver sección 5.13.2.

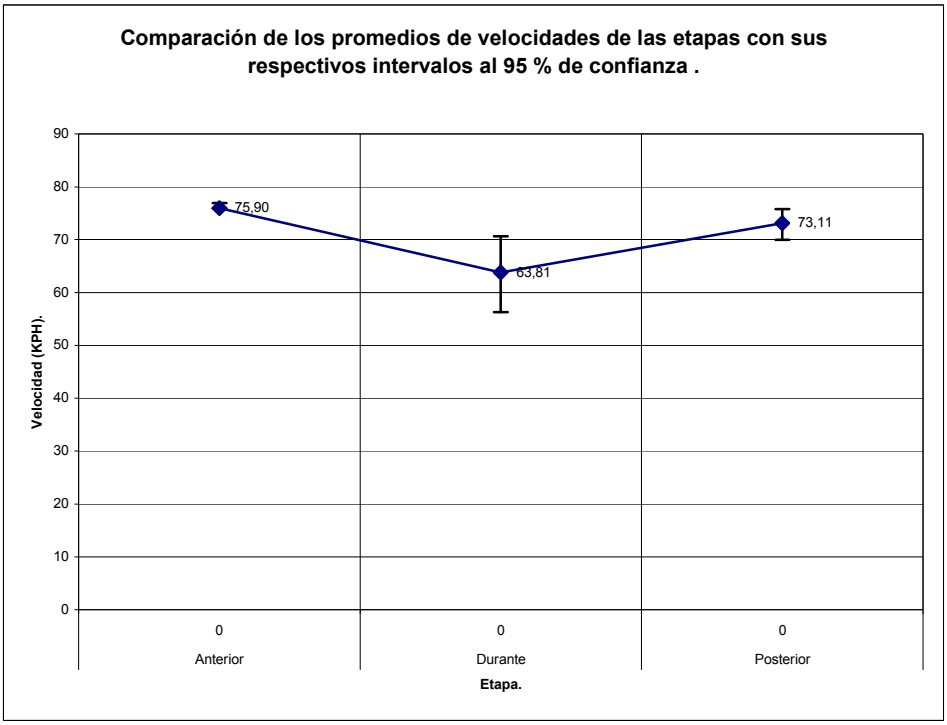


Gráfico 4-11: Comparación de los promedios de las tres etapas en el punto de control, con sus intervalos al 95% de confianza.

Se debe hacer notar que en el Gráfico 4-11 no se hace distingo en si los datos provienen de fin de semana o de entre semana. Desagregando la información según su día de origen, para observar el periodo de entre semana en comparación con el periodo de fin de semana, se obtiene el Gráfico 4-12, en que se observa que tanto para fin de semana como para entre semana, los promedios de velocidad se mantienen casi constantes. Se percibe una disminución de la velocidad media en la etapa del durante, para el periodo entre semana, (ya que para el periodo de fin de semana, no fue posible realizar la etapa del durante), que se puede atribuir al operativo de control de velocidad.

Los datos de Gráfico 4-8, Gráfico 4-9, Gráfico 4-10 y Gráfico 4-11 aparecen resumidos en la Tabla 4-9.

Tabla 4-9: Resumen de promedios por etapa y día de la semana, con sus respectivos promedios.

Día	Etapa			Promedio
	Anterior	Durante	Posterior	
Lunes	Sin datos	64,6	73,9	72,1
Martes	75,1	72,6	75,1	74,7
Miércoles	72,7	72,5	75,0	73,3
Jueves	75,3	71,8	77,6	74,0
Viernes	75,1	69,7	77,2	72,5
Sábado	75,5	Sin datos	76,3	76,2
Domingo	79,1	Sin datos	77,2	77,5
Promedio	75,5	70,9	76,0	74,4

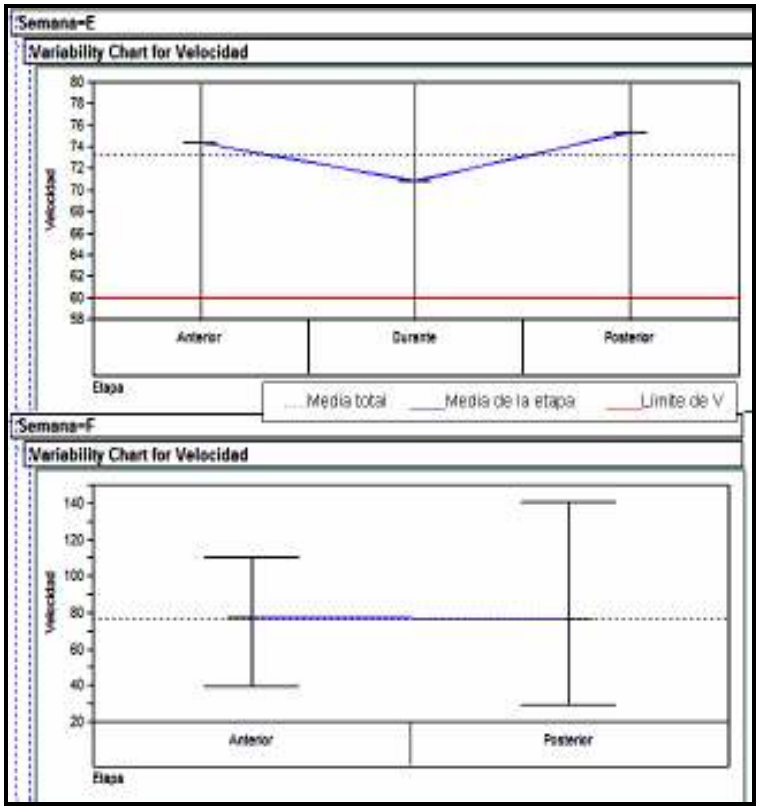


Gráfico 4-12: Promedios de velocidad por etapas, en comparación. a) Arriba: Entre semana. b) Abajo: Fines de semana.

Además, dentro de una misma etapa (Anterior o Posterior), se observa que sí hay diferencia en las medias de entre semana y fin de semana, tanto para la etapa anterior

y la posterior el promedio de fin de semana fue significativamente mayor, lo cual es atribuible a la menor cantidad de usuarios para el periodo de fin de semana.

Entrando más en detalle, se graficó el efecto diario del experimento, así se obtuvo el Gráfico 4-13, en que se observa el efecto en cada día de las tres etapas (cuando las hubo). En general, cabe esperar que el promedio de la etapa Durante sea más bajo que el de las etapas Anterior y Posterior. A su vez que el promedio de la etapa Posterior sea ligeramente más bajo que el de la Anterior, en caso de que hubiera quedado un efecto permanente en los usuarios, o igual al de la anterior, en caso de que todo hubiese vuelto a la normalidad. Todos los resultados diarios fueron los esperados excepto en dos casos:

- El día miércoles en que el promedio Anterior y Durante fueron iguales, lo cual es inusual, pero se podría explicar por la situación de los cortes de energía eléctrica de ese día.

- El día sábado en que la etapa Posterior fue mayor que la etapa Anterior, lo cual se puede atribuir a un efecto de la menor congestión en la carretera y a la diferencia en el tipo de usuario de entre semana respecto al de fin de semana.

Además cabe mencionar que solamente el martes se observa una variación importante de la desviación estándar, para todos los demás casos se mantiene constante y cercana al valor de 10, lo cual es importante pues fue uno de los parámetros usados para estimar el tamaño de muestra, y porque una desviación estándar alta es un mal

signo desde el punto de vista de la Seguridad Vial, pues implica muchos adelantamientos, situación que suele estar presente en los accidentes de tránsito.

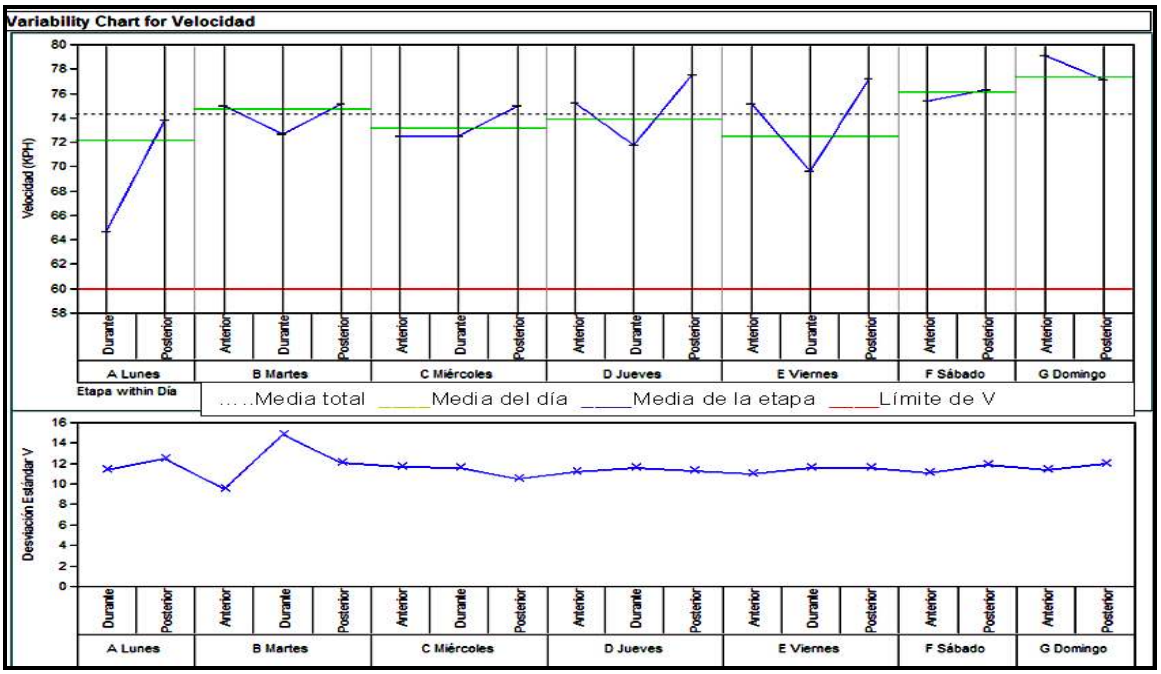


Gráfico 4-13: Variaciones de las Velocidades y sus respectivas desviaciones estándar, para cada día, agrupados por etapas, sin tomar en cuenta la posición de las mediciones.

Analizando desde el punto de vista complementario, se graficó el efecto dentro de cada etapa del transcurrir diario del experimento, así se obtuvo el Gráfico 4-14 en que se observa el efecto en cada día de las tres etapas. Se nota que la etapa anterior casi no presenta variación, excepto miércoles y domingo. La etapa del durante muestra una disminución significativa, dentro de la cual el efecto del lunes es muy grande (primer día del control policial), pero para los otros días se estabiliza. En la etapa posterior, no figuran días que sobresalgan de los demás.

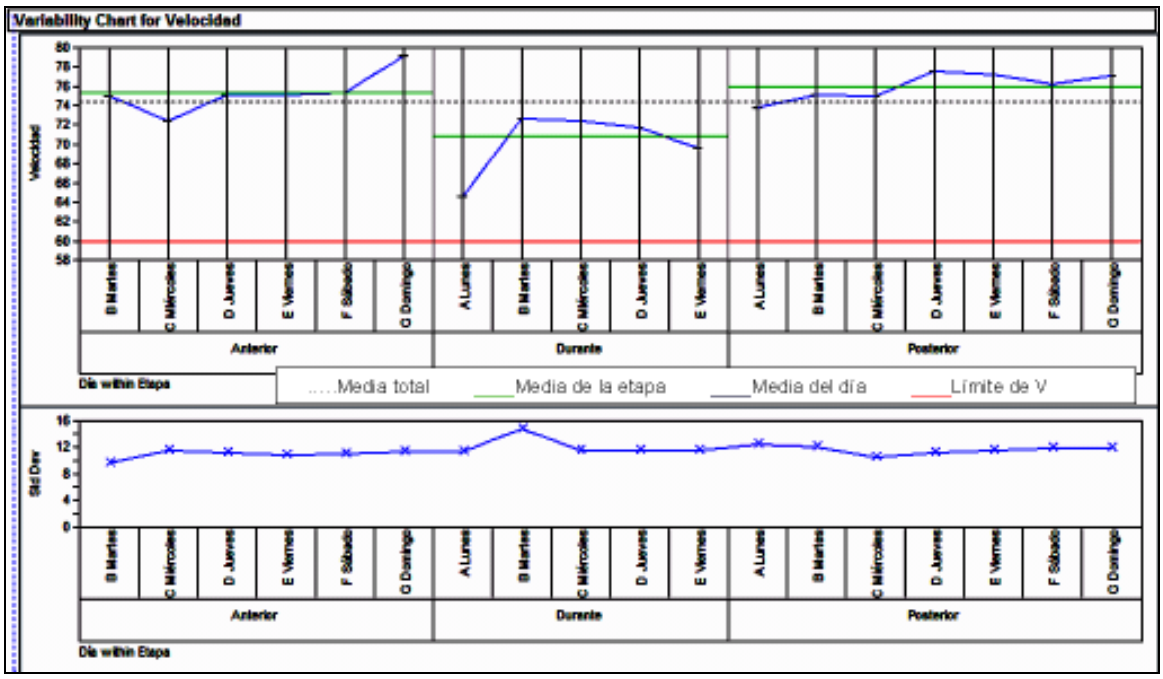


Gráfico 4-14: Comparación de las Velocidades y sus respectivas desviaciones estándar, para cada etapa, agrupadas por días, sin tomar en cuenta la variación por posición

Midiendo el efecto de la posición relativa a la ubicación del control policial de velocidad, en los promedios de velocidad, se construye el Gráfico 4-15, en el cual destacan las siguientes observaciones:

- La curva más constante es la de la etapa Anterior, y la de mayores variaciones la del Durante.

- En todo el recorrido del gráfico, la curva de Durante es cota inferior de las otras dos.

- La cercanía al punto de control, provoca una disminución de la velocidad promedio de la curva del Durante.

- Esta disminución es más vertiginosa para los valores negativos de la abscisa (o sea conforme nos acercamos al cero del Gráfico 4-15, de

izquierda a derecha), pero más lenta para los valores positivos (o sea conforme nos alejamos del cero del Gráfico 4-15, de izquierda a derecha).

- En el punto de control la disminución es máxima, y de aproximadamente unos 12 KPH.

- Todos los promedios de velocidad son superiores al límite máximo de velocidad establecido para la zona de estudio, incluso el promedio de la etapa del Durante, que es el que más se le acerca.

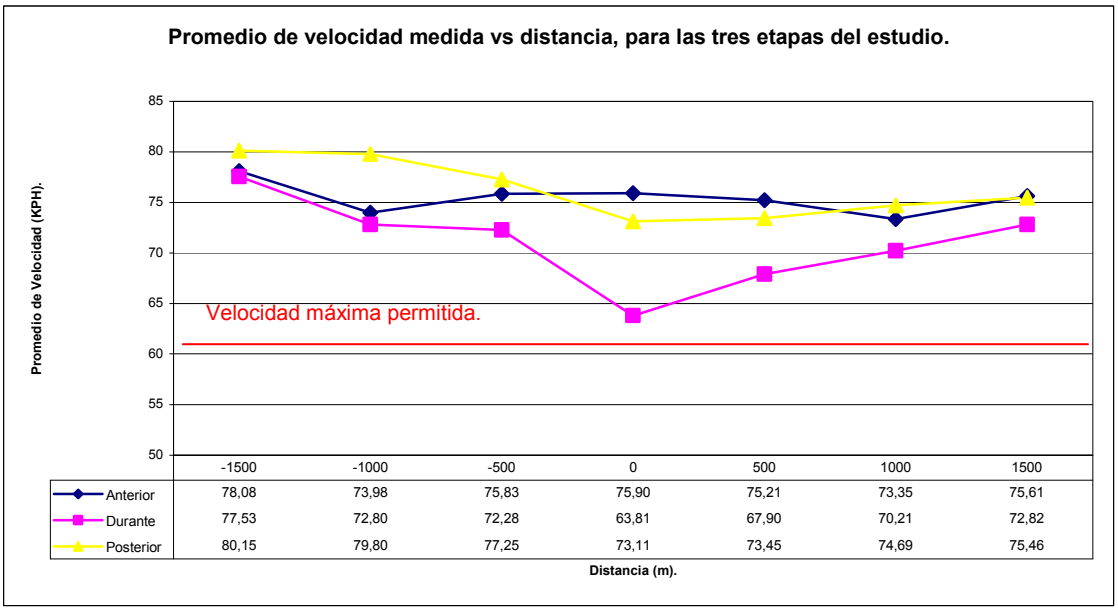


Gráfico 4-15: Comparación de los resultados de velocidad promedio versus distancia respecto al punto de control, para las tres etapas.

Sin embargo es necesario señalar que tal vez el Gráfico 4-15 esté influido por el sesgo de que no se cuenta con datos para fin de semana de la etapa del durante.

Para cuantificar este posible sesgo, analizando la evolución cronológica de los promedios de velocidad, separados según su origen en diferentes curvas (fin de semana y entre semana), en función de la posición relativa al punto de control, se generó el Gráfico 4-16, en el cual se observa que:

- El hecho de haber generado el Gráfico 4-15, sin distingo de fin de semana o entre semana para la etapa del Durante, no provoca mucha variación en la disminución de la velocidad, pues en este caso en que sí se comparan únicamente datos de entre semana para ambas etapas, la disminución es de 11 KPH, apenas inferior al análisis del gráfico anterior, en que se obtuvo una disminución de 12 KPH.

- Comparando los promedios en el punto de control para fines de semana, se obtiene en la etapa posterior una disminución de aproximadamente unos 6 KPH.

- En la etapa Posterior, hay una longitud en las inmediaciones del punto de control, en la que el promedio del fin de semana es menor al promedio de entre semana.

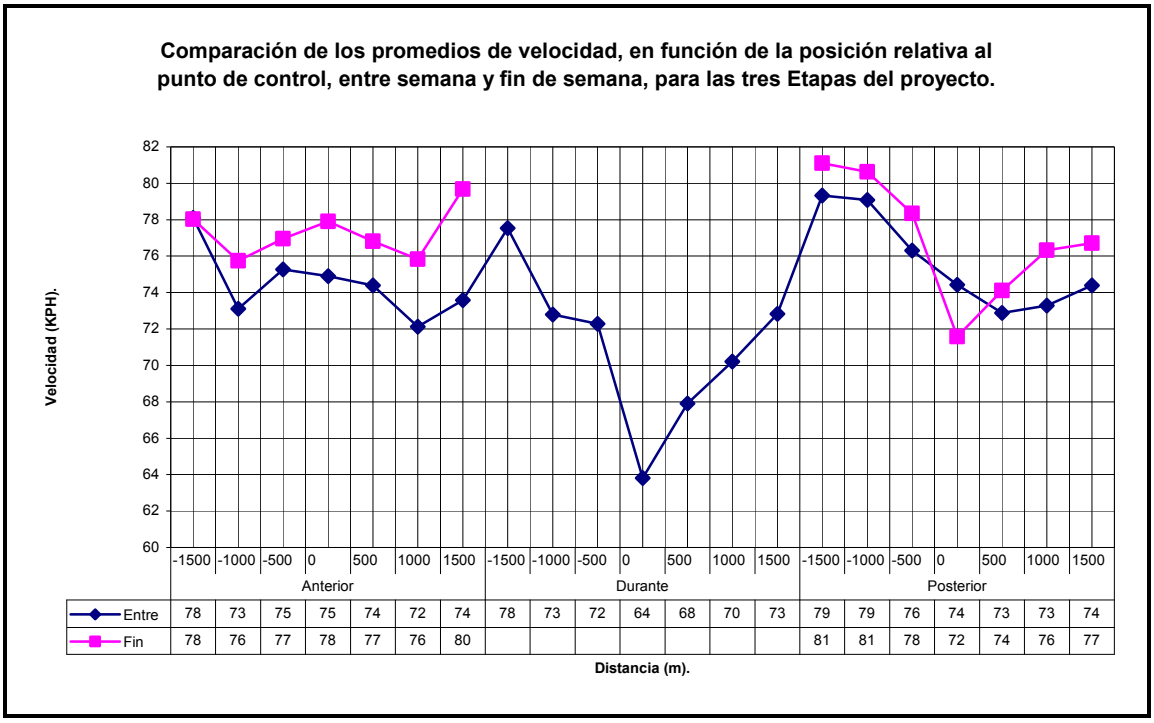


Gráfico 4-16: Comparación de los promedios de velocidad, en función de la posición relativa al punto de control entre semana y fin de semana, para las tres etapas del proyecto.

4.1.4 Regresión de la etapa anterior.

Mediante regresión numérica en JMP, y análisis del parámetro estadístico F, (el cual dio un mejor resultado para la ecuación de la recta que para la parábola, tal y como se puede observar en las secciones 5.5.5 y 5.5.10), aplicando la prueba de hipótesis explicada en la ecuación (2.26), se obtuvo la ecuación de la curva que mejor correlacionó con los datos obtenidos para la etapa Anterior, la cual se detalla en la ecuación (4.2), la cual se aprecia junto con los promedios de las mediciones en el Gráfico 4-17, cuya pendiente fue significativamente menor que cero al 98% de confianza.

$$V_A = 75,42 - 0,000622x \tag{4.2}$$

$$V_A \approx 75KPH \tag{4.3}$$

Donde:

V_A : Velocidad de la etapa anterior en KPH.

x: Distancia respecto al punto de control en metros.

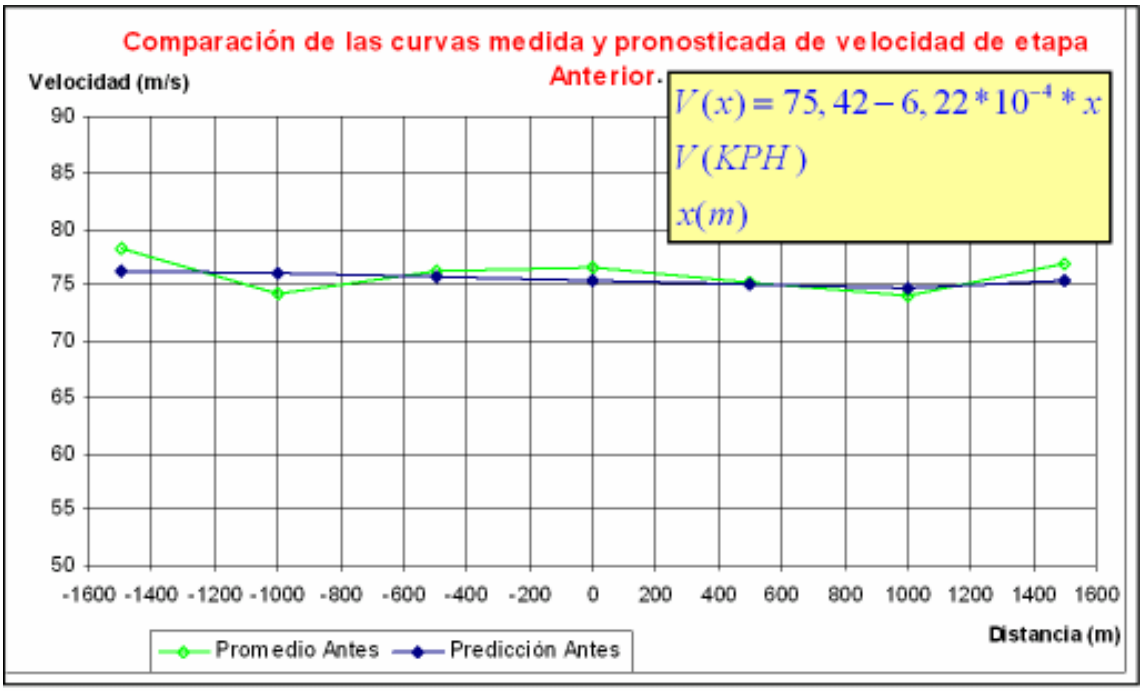


Gráfico 4-17: Comparación de las curvas medida y pronosticada obtenidas para la Etapa Anterior.

La recta predicha es casi horizontal, lo cual plantea la pregunta de si este valor es en efecto significativo o podría ser nulo. Por ello al realizar la prueba de hipótesis respecto a la pendiente de la curva, se obtuvo que esta era inferior a cero al 98,47% de probabilidad, véase el Anexo 5.13.3. Este porcentaje es importante de resaltar pues el hecho de que la curva medida no es monótonamente decreciente, plantea la duda de si velocidad y posición serán indepentdientes entre sí, sin embargo el porcentaje superior al 98%, descarta esta posibilidad.

Pese a la alta significancia de la pendiente, es necesario observar su pequeño valor numérico, el cual fue de 0,000622 (KPH/m), lo cual en el total de los 3000 m de longitud de la Zona de Estudio, representa una reducción de apenas 2 KPH. Lo anterior, aunque parece antagónico no lo es, pues la alta confianza de la pendiente tiene su origen en el inmenso tamaño de muestra, (1680 datos). Mientras que su baja magnitud,

demuestra que la velocidad de los usuarios tiene una baja desaceleración en el tramo seleccionado, por lo que para efectos prácticos se le puede considerar de velocidad constante, a saber (V = 75 KPH). Este hecho contribuye a validar la selección de la zona de estudio, como apta para las siguientes dos fases, pues se descarta que la influencia propia del lugar sea tan grande que sesgue el resultado, al grado de no poder cuantificar la efectividad del control policial. Se concluye que en este tramo la velocidad es constante.

Otro aspecto muy importante de resaltar, que se hizo evidente desde esta etapa, es el alto porcentaje de irrespeto de la normativa existente, pues para la zona el límite establecido es de 60 KPH. Sin embargo la carretera parece a simple vista permitir una velocidad de operación mucho más alta que ese límite.,

Para estudiar este fenómeno, véase el Gráfico 4-17, se obtuvieron los porcentajes de conductores que rebasaron cuatro velocidades específicas, a saber:

- Límite de 60 KPH: pues este es el límite existente.
- Límite de 75 KPH: pues según recomienda Cal y Mayor en (5), es recomendable un margen de tolerancia respecto al límite establecido de 15 KPH.
- Límite de 90 KPH: pues es usual considerar velocidad temeraria, aquella que sobrepase en 50% la velocidad límite establecida.

- Límite de 100 KPH: pues de acuerdo con la Ley de Tránsito vigente (3), Capítulo V, Artículo 106, Inciso d), se define velocidad temeraria para rutas interurbanas, como la velocidad mayor o igual a la velocidad límite establecida más 40 KPH.

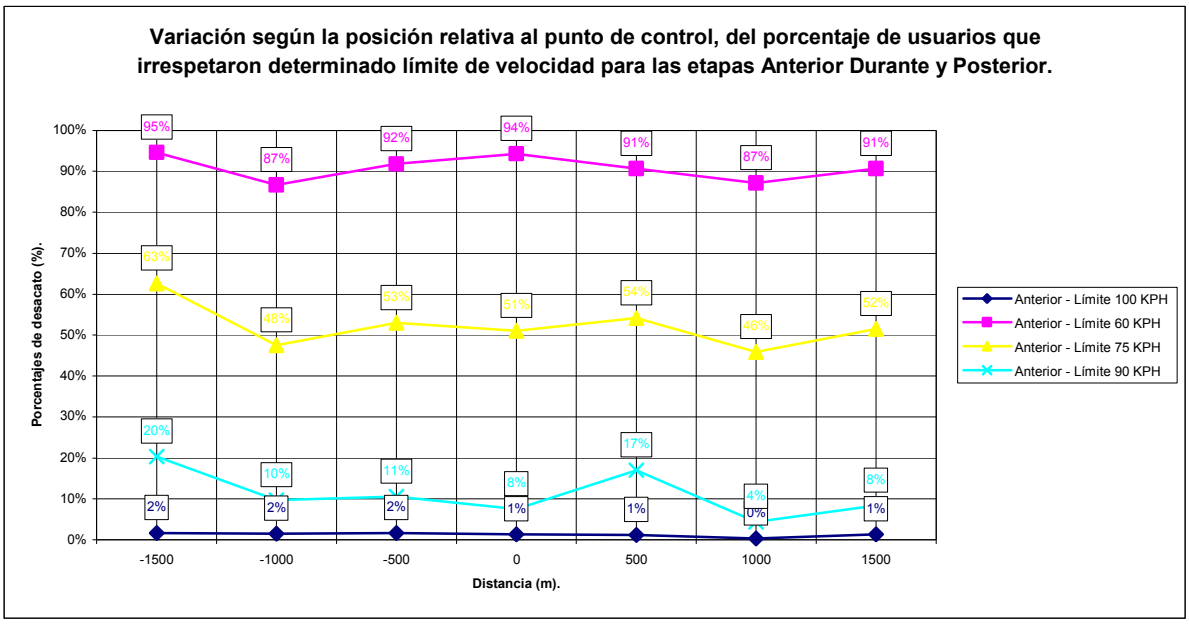


Gráfico 4-18: Variación según la posición relativa al punto de control del porcentaje de usuarios que irrespetaron determinado límite de velocidad para la etapa anterior.

Analizando el Gráfico 4-18, cuyos valores aparecen en la Tabla 4-10 se tiene que obviamente cuanto más alto el límite de velocidad, menor el porcentaje de infractores.

Tabla 4-10: Porcentaje de desacato a diversos límites de velocidad, según la posición respecto al punto de control, en la etapa Anterior.

Promedio de Porcentaje de desacato de varios límites.				
Punto	**Límite**			
	60 KPH	**75 KPH**	**90 KPH**	**100 KPH**
-1500	94,6%	62,7%	20,3%	1,7%
-1000	86,7%	47,5%	9,7%	1,5%
-500	91,8%	53,0%	10,5%	1,7%
0	94,3%	51,0%	7,5%	1,3%
500	90,7%	54,2%	17,0%	1,2%
1000	87,2%	45,8%	4,3%	0,3%
1500	90,7%	51,5%	8,3%	1,3%

Sin embargo merece resaltarse que las curvas tienen la misma tendencia de máximos y mínimos relativos, que la curva de promedio general. Esto demuestra que el comportamiento respecto a la velocidad, sigue el mismo patrón para conductores veloces y lentos, por llamarlos de algún modo. Compárese el Gráfico 4-17 y el Gráfico 4-18.

Otro modo de analizar estas mediciones, es encontrar las velocidades de algunos percentiles y/o medidas de tendencia que han demostrado ser representativas de las condiciones normales de manejo de los usuarios y su seguridad vial, como por ejemplo:

- **Percentil 85**, se acepta internacionalmente como la cota inferior de la velocidad máxima permitida.
- **Percentil 15**, aceptada como la cota inferior de la velocidad mínima permitida.
- **Límite superior del paso de velocidad**, otra de las cotas inferiores de la velocidad máxima permitida.

Con las medidas de tendencia central de la etapa Anterior, se generó el Gráfico 4-19, cuyos datos figuran en la Tabla 4-11, los cuales dejan muy en claro que la velocidad máxima permitida de la zona de estudio es demasiado baja, pues ese límite es mucho menor al promedio de velocidades de todos los puntos de las tres curvas, incluso en la del percentil 15, la cual se asocia al límite inferior de velocidad. Se debería subir esta velocidad a 90 KPH, pues esto es lo que señalan las curvas de percentil 85, y de límite superior de paso de velocidad. De ser esta la velocidad adoptada como máxima

permitida, los valores de la cuarta columna de la Tabla 4-10, señalarían los porcentajes medidos de desacato para ese límite, los cuales sí son los esperables, para un límite de velocidad bien decidido.

Tabla 4-11: Percentil 85, percentil 15 y Límite superior de Paso de Velocidad, obtenidos para la etapa anterior, en función de la distancia al punto de control.

Distancia (m).	Etapa Anterior		
	Percentil 85.	Percentil 15.	Límite Superior Paso de Velocidad.
-1500	89,5	68,0	89,7
-1000	85,3	62,7	84,7
-500	86,5	64,7	86,3
0	86,3	66,8	86,3
500	86,0	64,5	86,7
1000	82,8	63,2	85,7
1500	85,7	66,5	86,5
Promedio	86,0	65,2	86,5

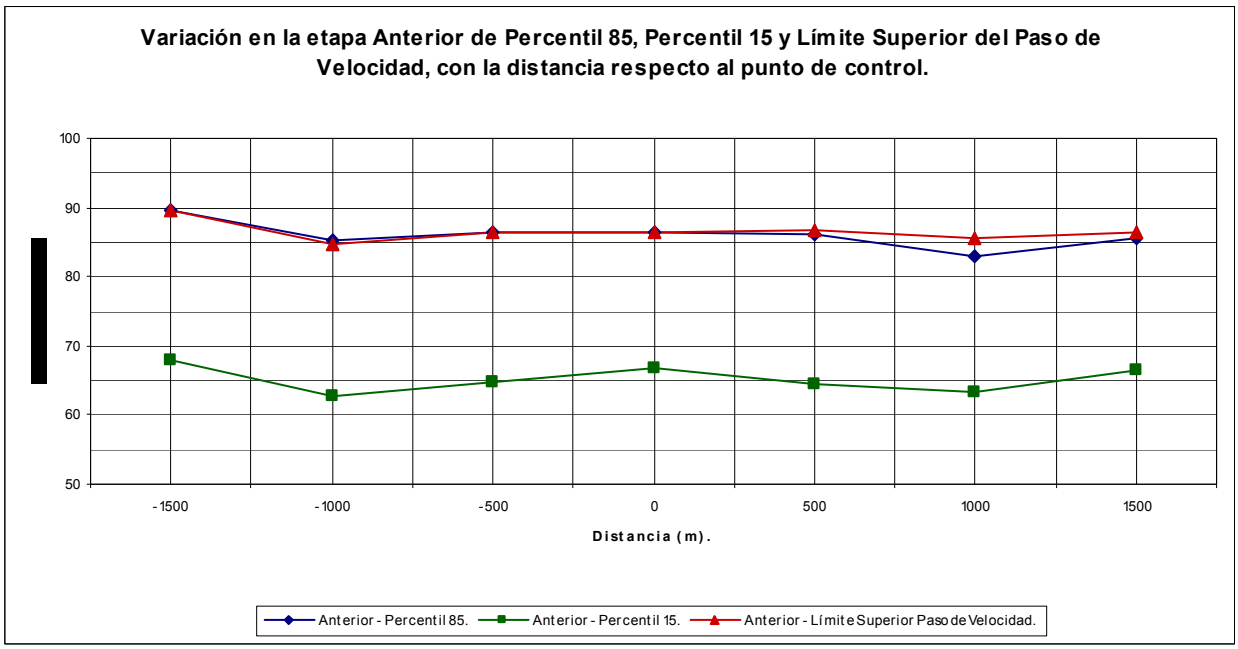


Gráfico 4-19: Variación en la etapa anterior de percentil 85, percentil 15 y límite superior del paso de velocidad, con la distancia respecto al punto de control.

Es importante notar que los resultados del Gráfico 4-19 y de la Tabla 4-11, son muy similares a los resultados que se obtuvo a posteriori, al analizar los datos que se

tomaron con el contador automático de vehículos de la Fotografía 3-1, aproximadamente un año antes de este experimento, ver anexo 5.12.

Por otra parte, se evidencia una pequeña diferencia en la magnitud de la velocidad de entre semana, en comparación con la de fin de semana, lo cual se puede observar en el Gráfico 4-20. De hecho, únicamente los puntos a 1500 metros y 500 metros antes del punto de control, dan distintos con un nivel de certeza estadística inferior al 90%, ver Anexo 5.13.1. Además se observa en ambos casos a misma tendencia de máximos y mínimos relativos de la zona.

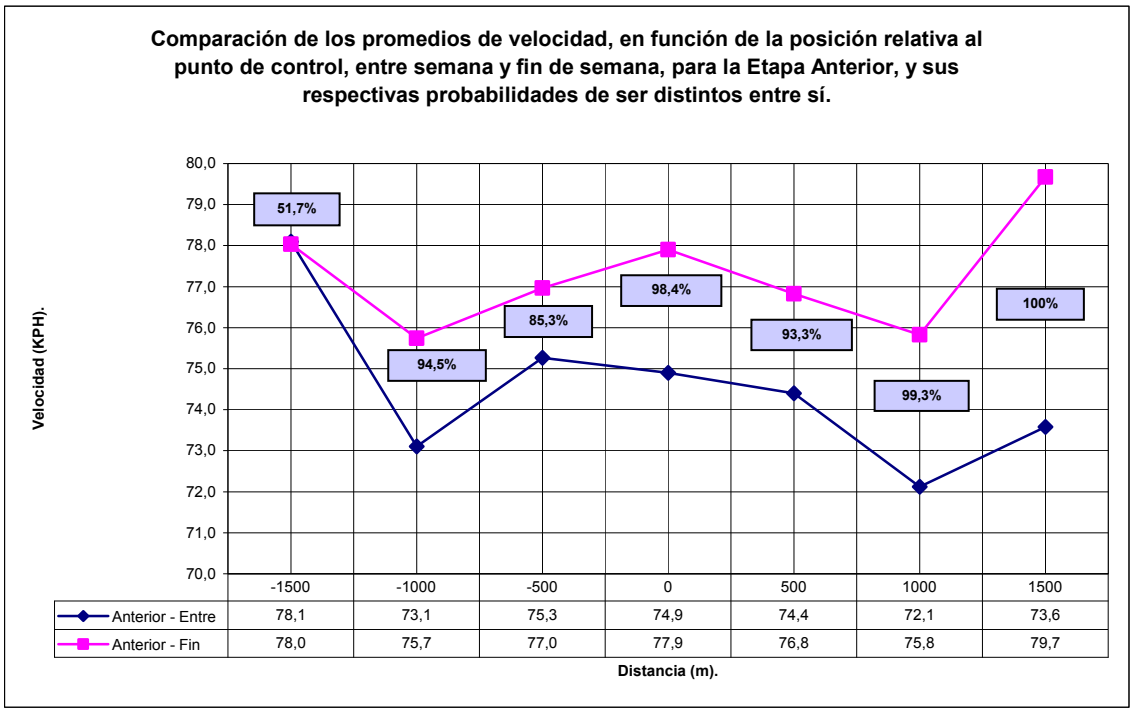


Gráfico 4-20: Comparación de los promedios de la velocidad, en función de la posición relativa al punto de control, entre semana y fin de semana, para la Etapa Anterior, y la probabilidad de ser diferentes entre sí.

4.1.5 Regresión de la etapa del durante.

Al analizar la etapa del Durante (D), se obtiene la cuantificación de la utilidad del operativo. En este caso, utilizando la comparación con los resultados de la distribución F de Snedecor, ver secciones 5.6.5 y 5.6.10 de los anexos, se obtuvo que la curva que mejor reflejó el comportamiento de la velocidad en la zona fue de segundo grado en función de la posición.

$$V_D = 68{,}04 - 0{,}00157x + 0{,}0000036\left(x - 7{,}38\right)^2 \qquad (4.4)$$

Donde:

V_D: Velocidad de la etapa anterior en KPH.

x: Distancia respecto al punto de control en metros.

Con base en una comparación de las curvas del Gráfico 4-21, se observa que la predicción subestima la utilidad del operativo en las cercanías geográficas del punto de control, y sobreestima su eficacia conforme se aleja de este punto. También se observa que el eje de simetría de la curva no es el cero, como cabría esperar, sino que está desplazado a la derecha, lo cual sugiere que el operativo es más útil después del punto de control que antes del mismo.

Por otra parte, es necesario reconocer que esta etapa tiene un sesgo que muy posiblemente, hace ver el operativo más útil de lo que realmente es, ver sección 4.2.1, lo cual se observa fácilmente en el valor de la constante (68,04 KPH), mucho más baja que la constante de la etapa Anterior. Este sesgo consiste en no contar con datos de fin de semana, los cuales se esperaría que fueran más altos, lo cual haría subir la

media. Los datos del Gráfico 4-21 se encuentran en la tercera columna de la Tabla 4-12.

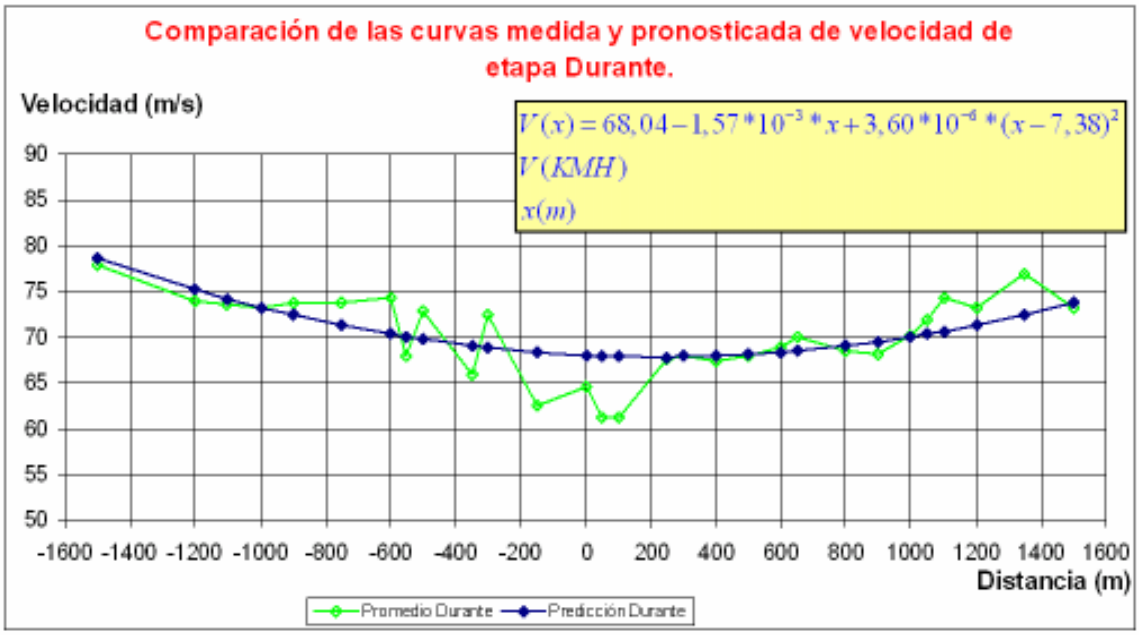


Gráfico 4-21: Comparación de las curvas medida y pronosticada obtenidas para la etapa del Durante.

Es necesario reconocer que a simple vista, la magnitud de los errores en las estimaciones de este modelo de regresión son muy grandes y particularmente concentradas en las cercanías del punto de control. Además la forma del Gráfico 4-21, en conjunción con el hecho de que la posición del operativo es en x=0, hace pensar en la posibilidad de dos ecuaciones de regresión distintas, una para x<0 y otra para x>0, lo cual se exploró y se obtuvo:

$$V(x) = \begin{cases} 66,553 - 0,0075x \longrightarrow para x \leq 0 \\ 64,421 + 0,0063x \longrightarrow para x > 0 \end{cases} \quad (4.5)$$

Cuyo detalle del análisis estadístico aparece en el Anexo 5.7.1 y en el Anexo 5.7.2, sin embargo este planteamiento presenta una discontinuidad en x = 0, por lo tanto para

cerrarla se fijó el valor del intercepto como el promedio de la intersección de ambas regresiones, y se repitieron las regresiones con esta restricción lógica, obteniéndose entonces:

$$V(x) = \begin{cases} 65,487 - 0,0085x \longrightarrow parax \leq 0 \\ 65,487 + 0,0053x \longrightarrow parax > 0 \end{cases} \quad (4.6)$$

El detalle de este análisis numérico se encuentra en el Anexo 5.7.3, en el que se nota una mejora en el valor del valor de F, para ambas regresiones, lo que representa una aproximación más precisa.

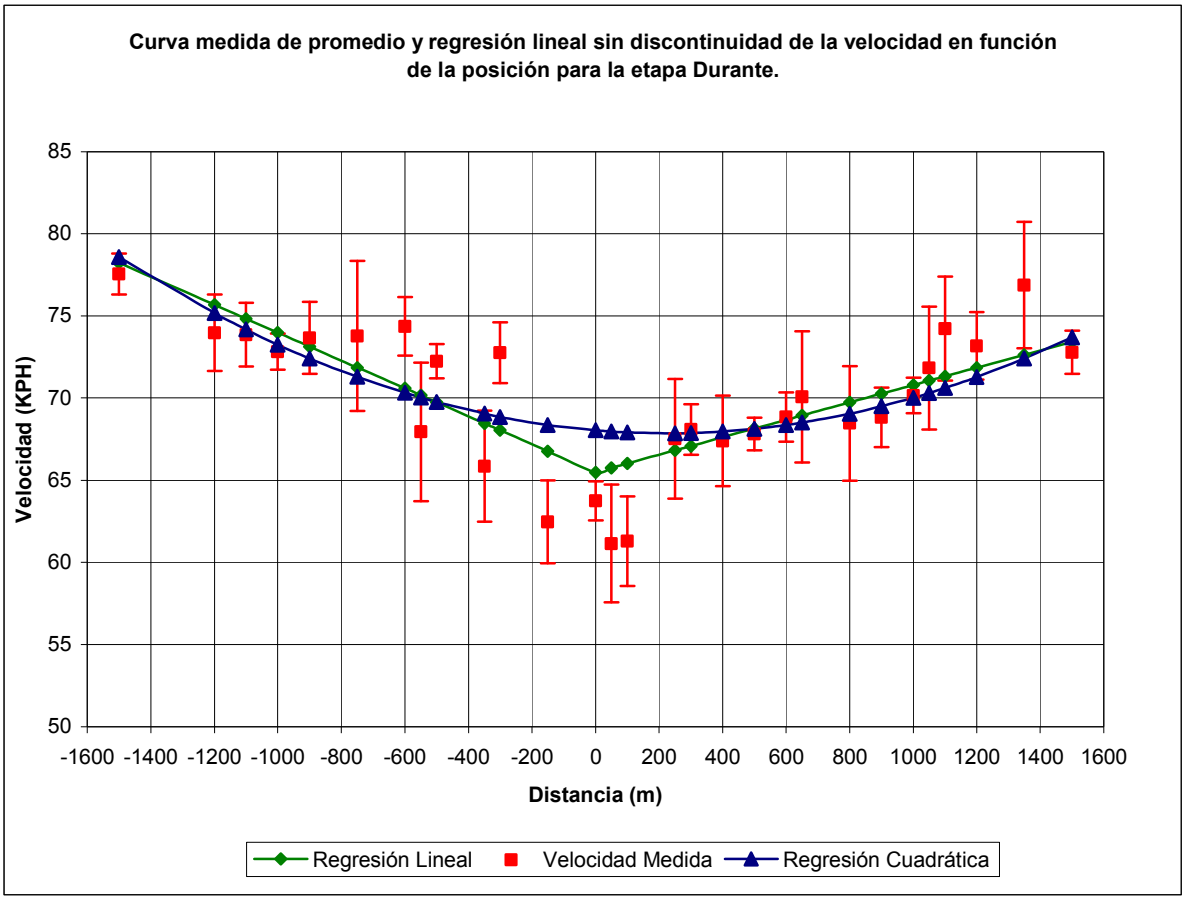


Gráfico 4-22: Velocidad promedio medida, con su respectivo intervalo de confianza al 95% y regresión lineal de la etapa Durante en función de la posición relativa al punto de control.

Lo anterior se concluye debido al hecho de que la magnitud de los errores en la estimación lineal es en suma menor, y que hay menos intervalos de confianza fuera de la curva estimada cuadrática que de la lineal. Además los datos con que se construyó el Gráfico 4-22, figuran en la Tabla 4-12.

Tabla 4-12: Valores medidos de promedio velocidad con sus respectivos intervalos de confianza al 95% y resultados de la regresión lineal para la etapa del durante, en función de su posición relativa al punto de control.

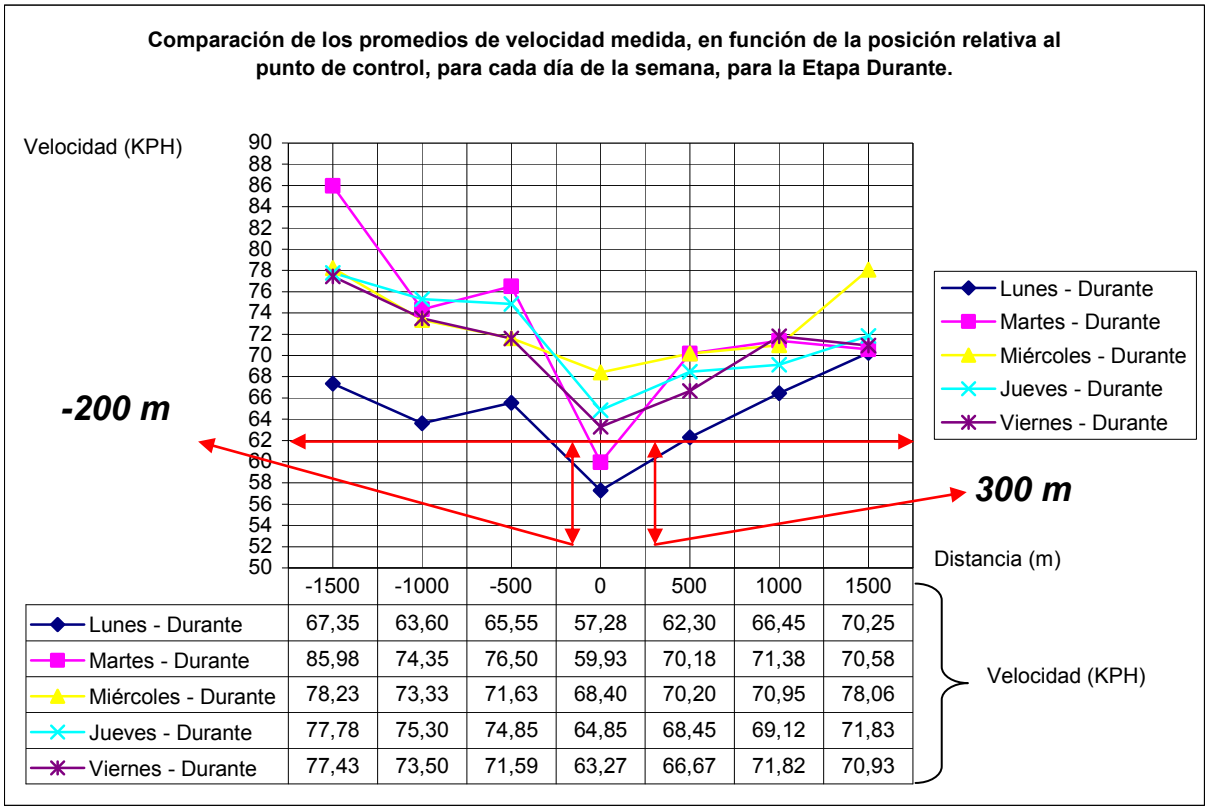
Distancia (m)	Regresión Lineal Velocidad (KPH)	Regresión Cuadrática Velocidad (KPH)	Velocidad Medida (KPH)	Desviación Estándar	Tamaño de muestra	Estimador	Extremo Superior (KPH)	Extremo Inferior (KPH)
-1500	78,2	78,6	77,6	11,3	320	1,2	78,8	76,3
-1200	75,7	75,2	74,0	10,7	80	2,3	76,3	71,6
-1100	74,8	74,2	73,9	12,4	160	1,9	75,8	71,9
-1000	74,0	73,3	72,8	10,1	320	1,1	73,9	71,7
-900	73,1	72,4	73,7	12,3	120	2,2	75,9	71,5
-750	71,9	71,3	73,8	14,8	40	4,6	78,4	69,2
-600	70,6	70,3	74,4	11,5	160	1,8	76,2	72,6
-550	70,2	70,0	68,0	13,6	40	4,2	72,2	63,7
-500	69,7	69,8	72,2	9,6	320	1,0	73,3	71,2
-350	68,5	69,0	65,9	10,9	40	3,4	69,2	62,5
-300	68,0	68,9	72,8	13,4	200	1,9	74,6	70,9
-150	66,8	68,4	62,5	8,1	40	2,5	65,0	59,9
0	65,5	68,0	63,7	10,8	320	1,2	64,9	62,6
50	65,8	68,0	61,1	11,6	40	3,6	64,7	57,6
100	66,0	67,9	61,3	8,8	40	2,7	64,0	58,6
250	66,8	67,9	67,5	11,7	40	3,6	71,1	63,9
300	67,1	67,9	68,1	11,0	200	1,5	69,6	66,6
400	67,6	68,0	67,4	8,9	40	2,8	70,1	64,6
500	68,1	68,1	67,8	9,1	320	1,0	68,8	66,8
600	68,7	68,4	68,8	9,6	160	1,5	70,3	67,4
650	68,9	68,5	70,1	12,9	40	4,0	74,1	66,1
800	69,7	69,0	68,5	11,3	40	3,5	72,0	65,0
900	70,3	69,5	68,8	10,1	120	1,8	70,6	67,0
1000	70,8	70,0	70,1	9,9	320	1,1	71,2	69,1
1050	71,1	70,3	71,8	12,1	40	3,7	75,6	68,1
1100	71,3	70,6	74,2	10,2	40	3,2	77,4	71,1
1200	71,8	71,3	73,2	11,5	120	2,1	75,2	71,1
1350	72,6	72,4	76,9	12,4	40	3,8	80,7	73,0
1500	73,4	73,7	72,8	12,0	320	1,3	74,1	71,5

Desagregando la información de esta etapa, según el día en que fueron tomadas las mediciones, para obtener una curva por cada día, véase el Gráfico 4-23 se observa que únicamente el lunes, que fue además el primer día de control, es el único en que se

obtiene una distancia en la cual la media de la velocidad fue inferior a los 60 KPH, en aproximadamente unos 500 m, (200 m antes y 300 m después del punto en que se ubicó el operativo). Sin embargo este resultado es muy distinto a los demás días, lo cual es normal para este tipo de experimentos, pues el primer día el usuario se está apenas informando sobre la situación, lo cual provoca un comportamiento atípico.

Existe además un punto que merece mención: el martes (segundo día de operativo), en el punto cero, se obtuvo una velocidad aproximada de 60 KPH. Además, se observa que de lunes a miércoles el efecto decrece en el tiempo pero jueves y viernes no siguen esta tendencia, como si el efecto del operativo tiene un máximo, pero también un mínimo de utilidad, a partir del cual no baja, lo cual tiene sentido, pues algunos usuarios ignoran el operativo, al observar que este no era tan estricto como inicialmente lo imaginaron, debido a la presencia de una inusual señal de tránsito avisándoles sobre el estudio de velocidad, pero otros usuarios mantienen el respeto – temor a la presencia de la autoridad policial.

Es interesante notar el hecho de que de nuevo, las curvas antes del cero (punto de control), tienen mayor pendiente que a partir de este punto. Lo cual significa que antes del punto de control la desaceleración es más vertiginosa, mientras que después del punto de control, la aceleración (con que el usuario retorna a su velocidad normal) es menor, por lo tanto definitivamente, la distancia de utilidad es mayor después del punto de control, que antes de este.



	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
Lunes - Durante	67,35	63,60	65,55	57,28	62,30	66,45	70,25
Martes - Durante	85,98	74,35	76,50	59,93	70,18	71,38	70,58
Miércoles - Durante	78,23	73,33	71,63	68,40	70,20	70,95	78,06
Jueves - Durante	77,78	75,30	74,85	64,85	68,45	69,12	71,83
Viernes - Durante	77,43	73,50	71,59	63,27	66,67	71,82	70,93

Gráfico 4-23: Diagrama de dispersión de los promedios de velocidad medida, en función de la posición relativa al punto de control, para cada día de la semana, para la Etapa Durante.

Respecto a la forma del Gráfico 4-23, se puede observar de nuevo que una regresión para valores de x<0, aparte de otra para valores de x>0, tiene un resultado más preciso que una regresión cuadrática para todo el dominio.

Analizando esta posibilidad se obtuvieron los resultados que aparecen en el Anexo 5.8, los cuales se resumen en la Tabla 4-13 y la Tabla 4-14. En ellas se obtiene el resultado de las regresiones lineales del promedio y del percentil 85 respectivamente, realizando una regresión para x < 0 y otra para x > 0, junto a su respectivo parámetro estadístico F.

En la parte izquierda de ambas tablas, se tiene la regresión normal, la cual es de mejor ajuste, pero presenta una discontinuidad en x = 0, mientras que en la parte derecha de

la tabla se tiene la regresión con igualación de interceptos, para evitar la discontinuidad en el punto de control.

El valor de este intercepto se obtuvo como el promedio de los interceptos con discontinuidad. El hecho de constreñir el valor del intercepto a un valor específico, pese a que corrije la discontinuidad en el punto de control, presenta la desventaja de disminuir el valor del estadístico F, lo cual implica un modelo menos preciso. Sin embargo este enfoque es preferible, pues es más acorde con la realidad física que se pretende modelar.

Sin embargo esta desventaja es muy pequeña, pues respecto a la Tabla 4-13, si se toma en cuenta el procedimiento de prueba de hipótesis comentado en la ecuación (2.26), el valor crítico de F al 95 % de confianza, en el peor de los casos es de 3,90, mientras que el F calculado más bajo es de 12,52 para las regresiones del promedio de la velocidad (a saber el martes después del puesto de control) por lo tanto en todos los casos se rechaza la hipótesis alternativa, resultando que el modelo sigue siendo significativo, pese a la reducción de precisión estadística.

Un análisis similar no es posible respecto al percentil 85, pues cada valor que entra al modelo, es el percentil 85 de una medición de 40 vehículos, lo cual hace que el valor de los grados de libertad sea mucho menor a lo real, por lo tanto da como resultado que se rechazan todos los modelos de regresión, pese a que evidentemente deben tener una confianza similar a la regresión de los promedios.

La disminución porcentual de este valor se presenta en la penúltima columna de la Tabla 4-13 y la Tabla 4-14. En ella se observa que el día Jueves presenta una disminución muy importate en el parámetro F, mientras que observando el Gráfico 4-23, se nota que el Lunes es muy distinto a todos los demás días, pues presenta medias mucho más bajas que las de todos los otros días. Debido a lo anterior se realizaron tres regresiones adicionales, que figuran en las últimas filas de la Tabla 4-13 y la Tabla 4-14, a saber:

- Todos los días excluyendo Lunes.
- Todos los días excluyendo Jueves.
- Todos los días excluyendo Lunes y Jueves.

Adicionalmente se calculó la curva promedio de todas las anteriores en la última fila de dichas tablas, lo cual es representativo en términos de magnitud, pero no es analizable desde el punto de vista de la anterior prueba de hipótesis, pues se tiene el fenómeno de doble contabilidad de mediciones, pues por ejemplo los datos de Miércoles, estarían tomados en cuenta cuatro veces, a saber:

- Miércoles.
- Todos los días excluyendo Lunes.
- Todos los días excluyendo Jueves.
- Todos los días excluyendo Lunes y Jueves.

Respecto a estos resultados, a modo ilustrativo se muestra el Gráfico 4-24 y el Gráfico 4-25, (posterior a las tablas), mientras que los demás figuran en el Anexo 5.9.

Tabla 4-13: Resultados de las regresiones lineales discontinuas y corregidas, con sus respectivos estadísticos F, para los percentiles 85 de velocidad, de cada día de la etapa del Durante.

DIA	Respecto al punto de control	Regresión Lineal					Regresión Lineal Corregida					ΔF	Porcentaje de disminución de F	Gráfico
		Intercepto discontinuo	+	Pendiente discontinua	X	F	Intercepto corregido	+	Pendiente corregida	X	F			
Todos	Antes	66,5525	+	-0,0075	X	197,38	65,4866	+	-0,0085	X	191,65	5,73	2,90%	Gráfico 4-22
	Después	64,4207	+	0,0063	X	180,04	65,4866	+	0,0053	X	172,62	7,42	4,12%	
Lunes	Antes	59,2025	+	-0,0057	X	16,62	58,4050	+	-0,0063	X	16,20	0,42	2,51%	Gráfico 5-1
	Después	57,6075	+	0,0086	X	27,28	58,4050	+	0,0079	X	26,97	0,31	1,15%	
Martes	Antes	62,7875	+	-0,0152	X	61,07	62,9138	+	-0,0151	X	61,07	0,01	0,01%	Gráfico 5-2
	Después	63,0400	+	0,0066	X	12,52	62,9138	+	0,0067	X	12,52	0,01	0,04%	
Miércoles	Antes	68,4263	+	-0,0056	X	29,56	67,8482	+	-0,0062	X	29,13	0,43	1,47%	Gráfico 4-25
	Después	67,2741	+	0,0062	X	47,34	67,8482	+	0,0056	X	46,79	0,55	1,17%	
Jueves	Antes	69,3654	+	-0,0063	X	38,82	67,5516	+	-0,0081	X	34,36	4,46	11,50%	Gráfico 5-3
	Después	65,7378	+	0,0042	X	21,01	67,5516	+	0,0024	X	15,73	5,28	25,14%	
Viernes	Antes	65,3705	+	-0,0082	X	75,54	64,3062	+	-0,0093	X	73,56	1,98	2,62%	Gráfico 5-4
	Después	63,2419	+	0,0070	X	75,87	64,3062	+	0,0059	X	72,75	3,12	4,11%	
Todos sin Lunes	Antes	67,0350	+	-0,0078	X	194,90	65,9779	+	-0,0088	X	189,63	5,26	2,70%	Gráfico 5-5
	Después	64,9208	+	0,0061	X	159,25	65,9779	+	0,0051	X	152,38	6,87	4,32%	
Todos sin Jueves	Antes	65,5192	+	-0,0079	X	160,00	64,7674	+	-0,0086	X	157,89	2,11	1,32%	Gráfico 5-6
	Después	64,0156	+	0,0070	X	164,68	64,7674	+	0,0063	X	161,88	2,80	1,70%	
Todos sin Lunes ni Jueves	Antes	66,0845	+	-0,0083	X	157,84	65,3638	+	-0,0090	X	156,09	1,76	1,11%	Gráfico 4-24
	Después	64,6433	+	0,0069	X	146,31	65,3638	+	0,0063	X	143,92	2,38	1,63%	
Promedio	Antes	65,5937	+	-0,0081	X		64,7356	+	-0,0089	X				Ninguno
	Después	63,8780	+	0,0065	X		64,7356	+	0,0057	X				
	General	64,7358	+	0,0064	X		64,7356	+	0,0065	X				

Tabla 4-14: Resultados de las regresiones lineales discontinuas y corregidas, con sus respectivos estadísticos F, para los promedios de velocidad, de cada día de la etapa del Durante.

DIA	Respecto al punto de control	Regresión Lineal					Regresión Lineal Corregida					ΔF	Porcentaje de disminución de F	Gráfico
		Intercepto discontinuo	+	Pendiente discontinua	X	F	Intercepto corregido	+	Pendiente corregida	X	F			
Todos	Antes	75,5932	+	-0,0096	X	17,84	74,0571	+	-0,0112	X	16,10	1,74	9,73%	Gráfico 4-22
	Después	72,5211	+	0,0101	X	44,22	74,0571	+	0,0085	X	38,84	5,38	12,17%	
Lunes	Antes	68,6000	+	-0,0062	X	20,45	68,6000	+	-0,0062	X	20,45	0,00	0,00%	Gráfico 5-1
	Después	68,6000	+	0,0092	X	66,13	68,6000	+	0,0092	X	66,13	0,00	0,00%	
Martes	Antes	74,4400	+	-0,0163	X	28,35	74,5200	+	-0,0162	X	28,34	0,01	0,04%	Gráfico 5-2
	Después	74,6000	+	0,0062	X	1,90	74,5200	+	0,0063	X	1,89	0,00	0,04%	
Miércoles	Antes	78,6119	+	-0,0064	X	13,36	77,4072	+	-0,0077	X	11,65	1,72	12,85%	Gráfico 4-25
	Después	76,2025	+	0,0091	X	17,85	77,4072	+	0,0079	X	16,69	1,16	6,47%	
Jueves	Antes	79,8515	+	-0,0068	X	5,86	77,9698	+	-0,0086	X	4,94	0,92	15,71%	Gráfico 5-3
	Después	76,0882	+	0,0046	X	5,58	77,9698	+	0,0028	X	3,67	1,91	34,29%	
Viernes	Antes	74,7474	+	-0,0099	X	11,48	72,5238	+	-0,0122	X	9,73	1,75	15,27%	Gráfico 5-4
	Después	70,3002	+	0,0108	X	63,44	72,5238	+	0,0084	X	40,54	22,90	36,10%	
Todos sin Lunes	Antes	75,6676	+	-0,0100	X	20,00	74,1555	+	-0,0116	X	18,15	1,85	9,27%	Gráfico 5-5
	Después	72,6434	+	0,0101	X	45,18	74,1555	+	0,0085	X	39,74	5,44	12,03%	
Todos sin Jueves	Antes	75,1199	+	-0,0094	X	17,83	73,4862	+	-0,0112	X	15,82	2,01	11,29%	Gráfico 5-6
	Después	71,8525	+	0,0116	X	50,32	73,4862	+	0,0100	X	44,55	5,77	11,47%	
Todos sin Lunes ni Jueves	Antes	75,1857	+	-0,0101	X	20,60	73,5899	+	-0,0117	X	18,46	2,15	10,41%	Gráfico 4-24
	Después	71,9941	+	0,0116	X	53,35	73,5899	+	0,0100	X	47,26	6,09	11,42%	
Promedio	Antes	75,3130	+	-0,0094	X		74,0344	+	-0,0107	X				Ninguno
	Después	72,7558	+	0,0093	X		74,0344	+	0,0080	X				
	General	74,0344	+	0,0081	X		74,0344	+	0,0082	X				

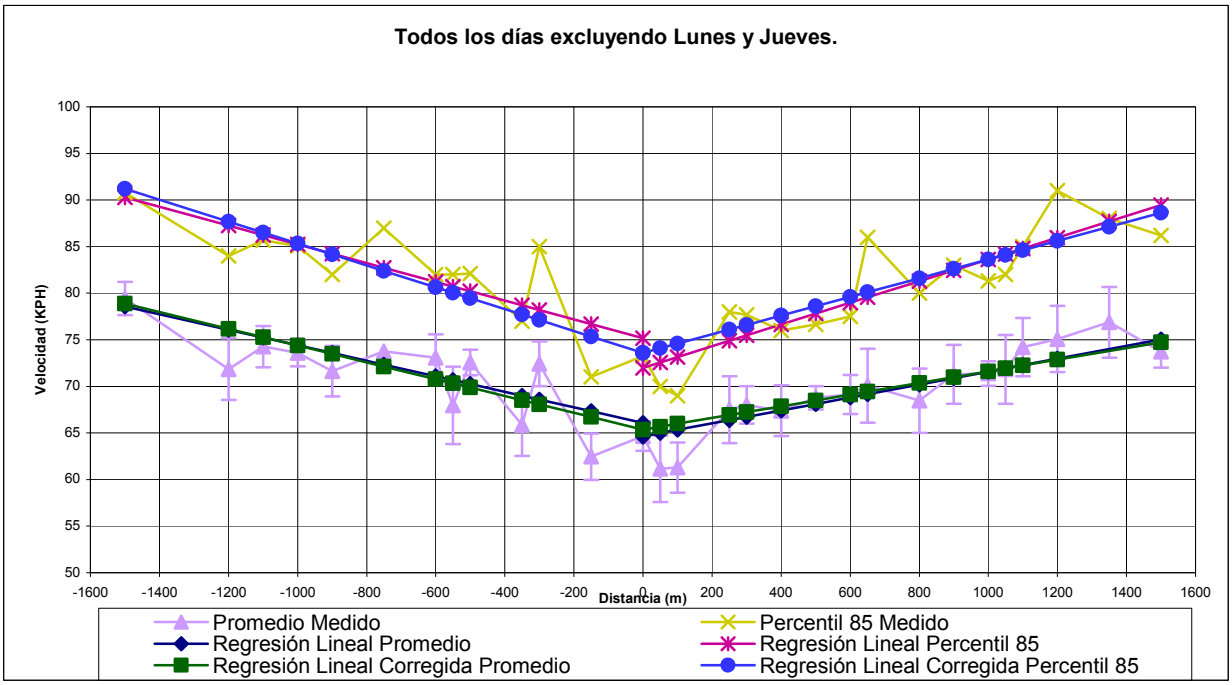


Gráfico 4-24: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para todos los días excluyendo Lunes y Jueves.

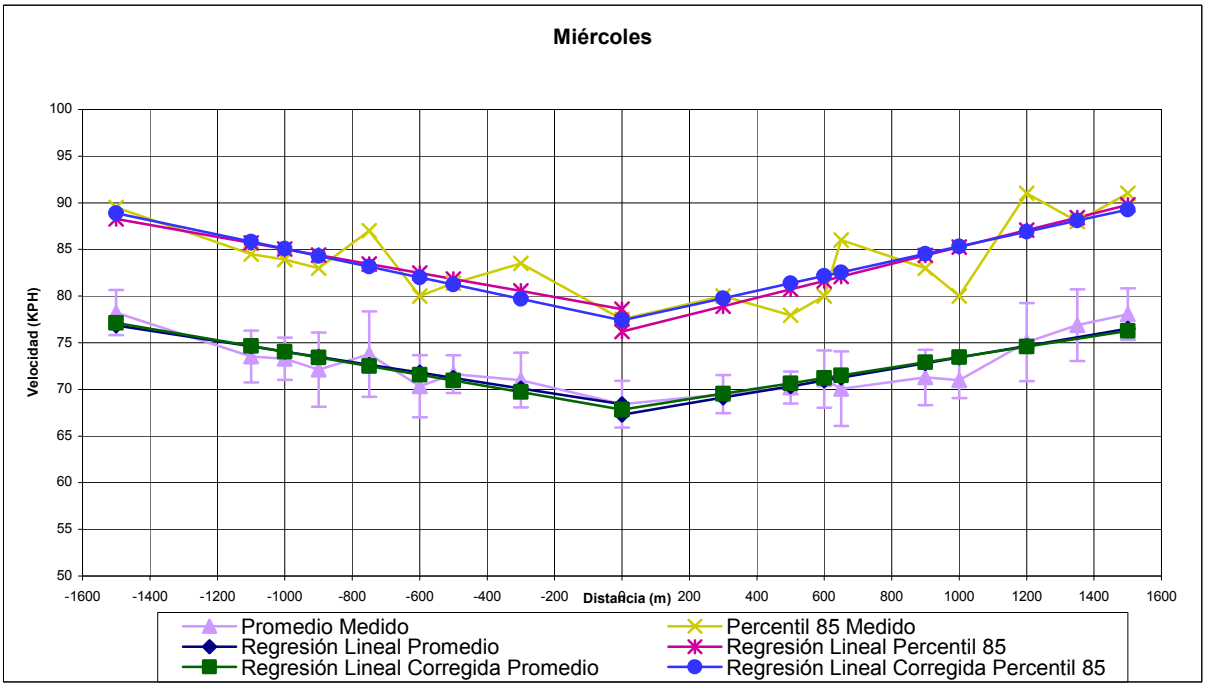


Gráfico 4-25: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para el día Miércoles.

Observando el Gráfico 4-24 y el Gráfico 4-25, así como los del Anexo 5.9, es evidente que en un mismo gráfico, tanto antes como después del punto de control, la pendiente de la recta de regresión del promedio es similar a la pendiente de la recta de regresión del percentil 85. Lo anterior significa una estabilidad de la

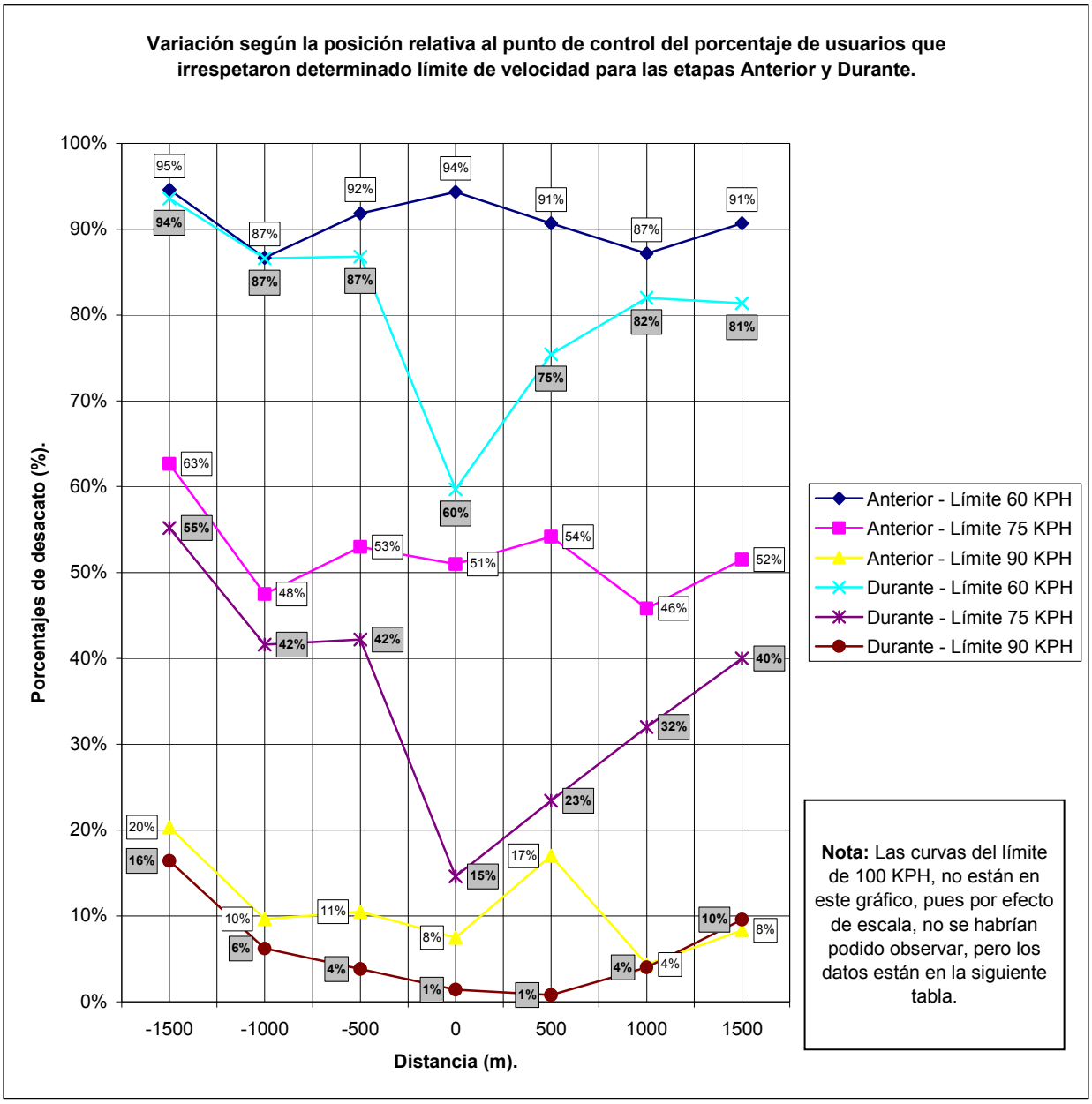


Gráfico 4-26: Variación según la posición relativa al punto de control del porcentaje de usuarios que irrespetaron determinado límite de velocidad para las etapas Anterior y Durante.

Una vez que se tienen los datos de la etapa del Durante y se analizan en conjunción con los obtenidos en la etapa Anterior, se puede construir el Gráfico 4-26, en el cual se observa que independientemente del límite analizado, la región (geográficamente

hablando), después del punto de control mostró mayor distancia de utilidad que la precedente a este punto.

En general, los valores medidos en la abscisa para su correspondiente inverso aditivo, (por ejemplo comparar los valores de -500 m con los valores de 500 m y los de -1000 m con los valores de 1000 m), en las seis curvas, vemos que el valor positivo de la distancia tendrá una ordenada menor, (o sea un menor porcentaje de desacato), lo cual es otro indicio en el sentido de que la Zona de Estudio, aportó su componente de desaceleración en el sentido del flujo vial, (de Cartago a San José), lo cual es atribuible al hecho de que se acerca a una zona urbana conforme se avanza en el recorrido de la Zona de Estudio. Lo anterior quizás es más fácil de observar en laTabla 4-15.

Tabla 4-15: Comparación de los porcentajes de desacato a determinado límite de velocidad, para las etapas Anterior y Durante y su respectiva diferencia, en función de la posición relativa al punto de control.

Ubicación	Límite 60 KPH			Límite 75 KPH			Límite 90 KPH			Límite 100 KPH		
	Anterior	Durante	Diferencia	Anterior	Durante	Diferencia	Anterior	Durante	Diferencia	Anterior	Durante	Diferencia
-1500	94,6%	93,6%	**1,0%**	62,7%	55,2%	**7,5%**	20,3%	16,4%	**3,9%**	1,7%	3,4%	**-1,7%**
-1000	86,7%	86,6%	**0,1%**	47,5%	41,6%	**5,9%**	9,7%	6,2%	**3,5%**	1,5%	0,4%	**1,1%**
-500	91,8%	86,8%	**5,0%**	53,0%	42,2%	**10,8%**	10,5%	3,8%	**6,7%**	1,7%	0,2%	**1,5%**
0	94,3%	59,7%	**34,6%**	51,0%	14,6%	**36,4%**	7,5%	1,4%	**6,1%**	1,3%	0,0%	**1,3%**
500	90,7%	75,4%	**15,3%**	54,2%	23,4%	**30,8%**	17,0%	0,8%	**16,2%**	1,2%	0,4%	**0,8%**
1000	87,2%	82,0%	**5,2%**	45,8%	32,0%	**13,8%**	4,3%	4,0%	**0,3%**	0,3%	0,8%	**-0,5%**
1500	90,7%	81,4%	**9,3%**	51,5%	40,0%	**11,5%**	8,3%	9,6%	**-1,3%**	1,3%	2,0%	**-0,7%**
Promedio	90,8%	80,8%	**10,1%**	52,2%	35,6%	**16,7%**	11,1%	6,0%	**5,1%**	1,3%	1,0%	**0,3%**

Con base en la Tabla 4-15, se observa que en los segmentos de 60 KPH a 75 KPH, y de 75 KPH a 90 KPH el operativo tiene utilidad relativa similar entre sí, pero para el segmento de velocidad temeraria, el operativo casi no hace variar el porcentaje de desobediencia al límite, ver también las curvas inferiores del Tabla 4-15.

Al analizar el percentil 85, el percentil 15 y el límite superior del paso de velocidad, para la etapa del Durante, y agregando estos datos a los ya obtenidos en la sección anterior, se construyó el Gráfico 4-27, cuyos valores aparecen tabulados en la Tabla 4-16. En los tres casos las curvas del durante son inferiores a las curvas de la etapa anterior, para un mismo parámetro, y el de mayor disminución fue el percentil 15, cuyo mínimo quedó en 53 KPH. Cabe resaltar también que todas las curvas están arriba de los 60 KPH, excepto un pequeño tramo del percentil 15, para la etapa del durante, lo cual definitivamente confirma que la velocidad máxima permitida está muy baja.

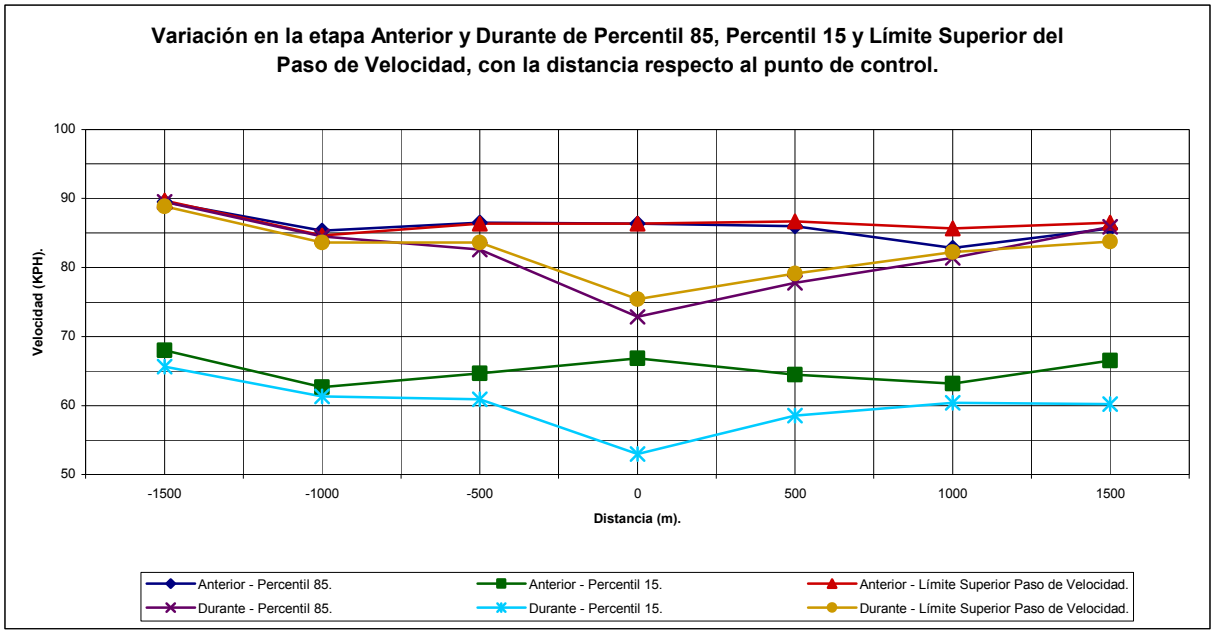


Gráfico 4-27: Variación en la etapa Anterior y Durante de Percentil 85, Percentil 15 y Límite superior del Paso de Velocidad, con la distancia respecto al punto de control.

Tabla 4-16: Variación en las etapas anterior y Durante del Percentil 85, Percentil 15 y el Límite Superior del Paso de Velocidad, en función de la posición relativa al control de velocidad.

Distancia (m).	Percentil 85 (KPH)			Percentil 15 (KPH)			Límite Superior Paso de Velocidad (KPH)		
	Anterior	Durante	Diferencia	Anterior	Durante	Diferencia	Anterior	Durante	Diferencia
-1500	89,5	89,5	0,0	68,0	65,6	2,4	89,7	88,9	0,8
-1000	85,3	84,5	0,8	62,7	61,3	1,3	84,7	83,6	1,1
-500	86,5	82,6	3,9	64,7	60,9	3,7	86,3	83,6	2,7
0	86,3	72,9	13,5	66,8	53,0	13,8	86,3	75,4	10,9
500	86,0	77,8	8,2	64,5	58,6	5,9	86,7	79,2	7,5
1000	82,8	81,4	1,4	63,2	60,4	2,8	85,7	82,2	3,4
1500	85,7	85,9	-0,2	66,5	60,2	6,3	86,5	83,8	2,7
Promedio	86,0	81,5	4,5	65,2	59,8	5,3	86,5	82,0	4,5

4.1.6 Regresión de la etapa posterior.

Al analizar la etapa posterior, se obtuvo que la mejor curva que correlacionó con los datos medidos fue una cuadrática, ver secciones 5.10.1.5 y 5.10.1.10, a saber:

$$V_P = 74,82 - 0,00205x + 0,0000015(x - 30,66)^2 \qquad (4.7)$$

Donde:

V_P : Velocidad de la etapa posterior en KPH.

x: Distancia respecto al punto de control en metros.

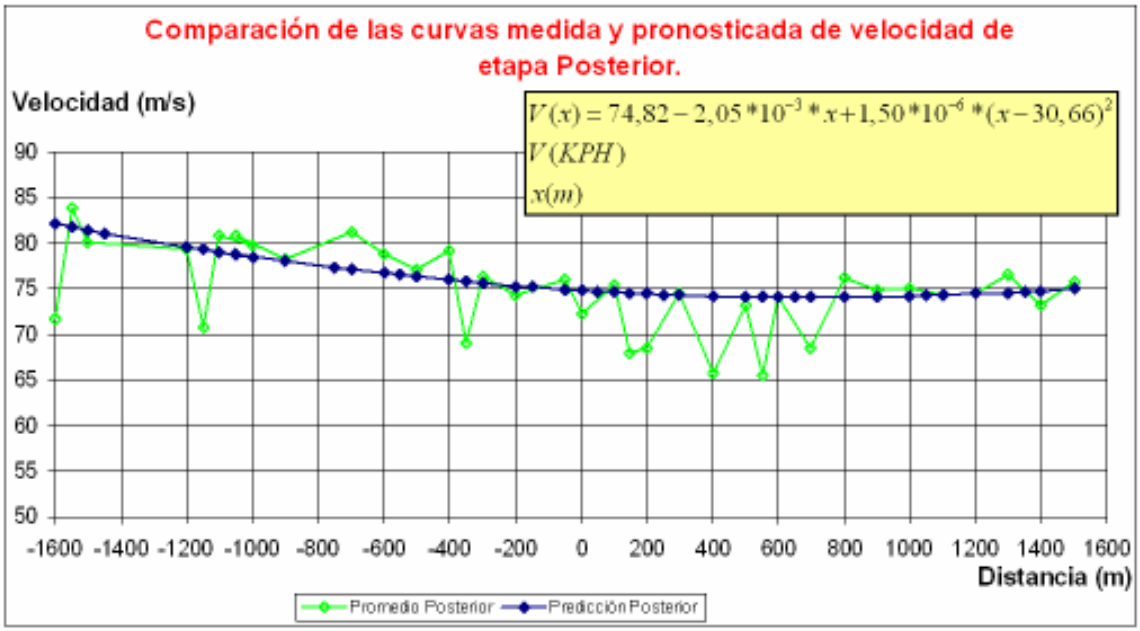


Gráfico 4-28: Comparación de las curvas medida y pronosticada de la velocidad para la etapa Posterior.

Al graficar esta ecuación, véase el Gráfico 4-28, se observa que pareciera sobreestimar en la mayoría de los puntos, lo cual es fruto de que hay distintos tamaños de muestra de cada punto, concretamente hablando, los puntos en múltiplos de 500 m, tienen

muchos más datos que los demás, por ello estos datos tienen mucho más peso en la regresión, y la curva es más cercana a ellos que a los demás puntos, sin embargo es interesante notar una mayor dispersión de los datos en distancias muy pequeñas, lo cual tiene un efecto negativo en aspectos de seguridad vial. Pues a mayor variabilidad de la velocidad, mayor probabilidad de accidentes, pues en estas condiciones hay mayor cantidad de rebasamientos.

El argumento anterior plantea la pregunta de si en una zona en que el usuario se ha acostumbrado a tener operativos, la reducción de velocidad de algunos de ellos, para evitar la multa, plantea más bien un peligro, pues pese a que disminuye la velocidad promedio, aumenta su desviación estándar. Sin embargo, esta pregunta escapa a lo posible de responder con los datos obtenidos.

Similar a lo observado en la etapa Durante, la forma del Gráfico 4-28, hace pensar en la posibilidad de dos ecuaciones de regresión distintas, una para x<0 y otra para x>0, lo cual se exploró y se obtuvo:

$$V(x) = \begin{cases} 74{,}5047 - 0{,}0043x \longrightarrow para x \leq 0 \\ 72{,}8288 + 0{,}0017x \longrightarrow para x > 0 \end{cases} \quad (4.8)$$

Cuyo detalle del análisis estadístico aparece en el Anexo 5.11.1.1 y el Anexo 5.11.1.2, sin embargo este planteamiento presenta una discontinuidad en x = 0, por lo tanto para cerrarla se fijó el valor del intercepto como el promedio de la intersección de ambas regresiones (a saber 73,6668), obteniéndose entonces:

$$V(x) = \begin{cases} 73,6668 - 0,0051x \longrightarrow para\, x \leq 0 \\ 73,6668 + 0,0008x \longrightarrow para\, x > 0 \end{cases} \quad (4.9)$$

El detalle de este análisis numérico figura en el Anexo 5.11.1.3, mientras que los datos con los cuales se construyó el Gráfico 4-29, figuran en la Tabla 4-17.

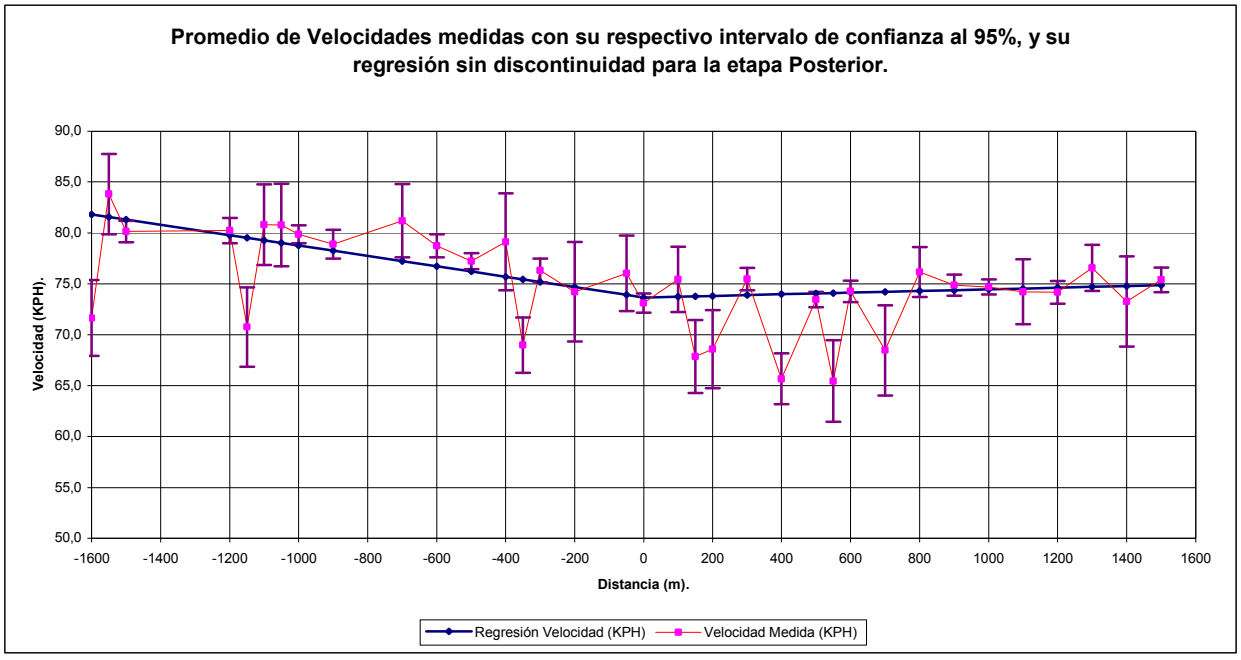


Gráfico 4-29: Promedio de velocidades medidas con su respectivo intervalo de confianza al 95%, y su regresión sin discontinuidad para la etapa Posterior.

En este caso ambas pendientes resultaron significativas a más del 99% de confianza, lo cual valida la selección del método de análisis lineal en dos tramos, (antes, después del punto de control)

Tabla 4-17: Velocidad medida con sus intervalos de confianza al 95%, junto con su los resultados de su regresión de velocidad, para la etapa Posterior.

Distancia (m)	Regresión Velocidad (KPH)	Velocidad Medida (KPH)	Desviación Estándar	Tamaño de muestra	Estimador	Extremo Superior (KPH)	Extremo Inferior (KPH)
-1600	81,8	71,7	12,1	40,0	3,7	75,4	67,9
-1550	81,6	83,8	12,7	40,0	3,9	87,8	79,9
-1500	81,3	80,1	12,2	520,0	1,0	81,2	79,1
-1200	79,8	80,2	11,4	320,0	1,3	81,5	79,0
-1150	79,5	70,8	12,6	40,0	3,9	74,6	66,9
-1100	79,3	80,8	18,1	80,0	4,0	84,8	76,8
-1050	79,0	80,8	13,1	40,0	4,0	84,8	76,7
-1000	78,8	79,9	10,2	520,0	0,9	80,8	79,0
-900	78,3	78,9	11,2	240,0	1,4	80,3	77,5
-700	77,2	81,2	11,6	40,0	3,6	84,8	77,6
-600	76,7	78,7	11,4	400,0	1,1	79,9	77,6
-500	76,2	77,2	9,1	520,0	0,8	78,0	76,5
-400	75,7	79,1	15,3	40,0	4,8	83,9	74,4
-350	75,5	69,0	12,4	80,0	2,7	71,7	66,3
-300	75,2	76,3	11,2	360,0	1,2	77,5	75,2
-200	74,7	74,2	15,8	40,0	4,9	79,1	69,3
-50	73,9	76,0	11,9	40,0	3,7	79,7	72,4
0	73,7	73,1	11,0	520,0	0,9	74,1	72,2
100	73,7	75,4	10,3	40,0	3,2	78,6	72,2
150	73,8	67,9	11,6	40,0	3,6	71,4	64,3
200	73,8	68,6	12,4	40,0	3,8	72,4	64,8
300	73,9	75,5	11,3	400,0	1,1	76,6	74,4
400	74,0	65,7	11,4	80,0	2,5	68,2	63,2
500	74,1	73,5	8,7	520,0	0,8	74,2	72,7
550	74,1	65,4	12,9	40,0	4,0	69,4	61,4
600	74,1	74,3	10,7	400,0	1,1	75,3	73,2
700	74,2	68,5	14,4	40,0	4,5	72,9	64,0
800	74,3	76,2	11,2	80,0	2,4	78,6	73,7
900	74,4	74,9	10,6	400,0	1,0	75,9	73,9
1000	74,5	74,7	8,6	520,0	0,7	75,4	74,0
1100	74,5	74,2	14,6	80,0	3,2	77,4	71,0
1200	74,6	74,2	10,9	360,0	1,1	75,3	73,1
1300	74,7	76,6	10,3	80,0	2,2	78,8	74,3
1400	74,8	73,3	14,4	40,0	4,4	77,7	68,8
1500	74,9	75,4	14,0	520,0	1,2	76,6	°

Analizando el Gráfico 4-30, se evidencia de nuevo una diferencia estadísticamente significativa entre los datos de fin de semana y los de entre semana, tal y como era de

esperarse, (los porcentajes en los recuadros son la probabilidad de que ambos valores en la abscisa sean distintos entre sí).

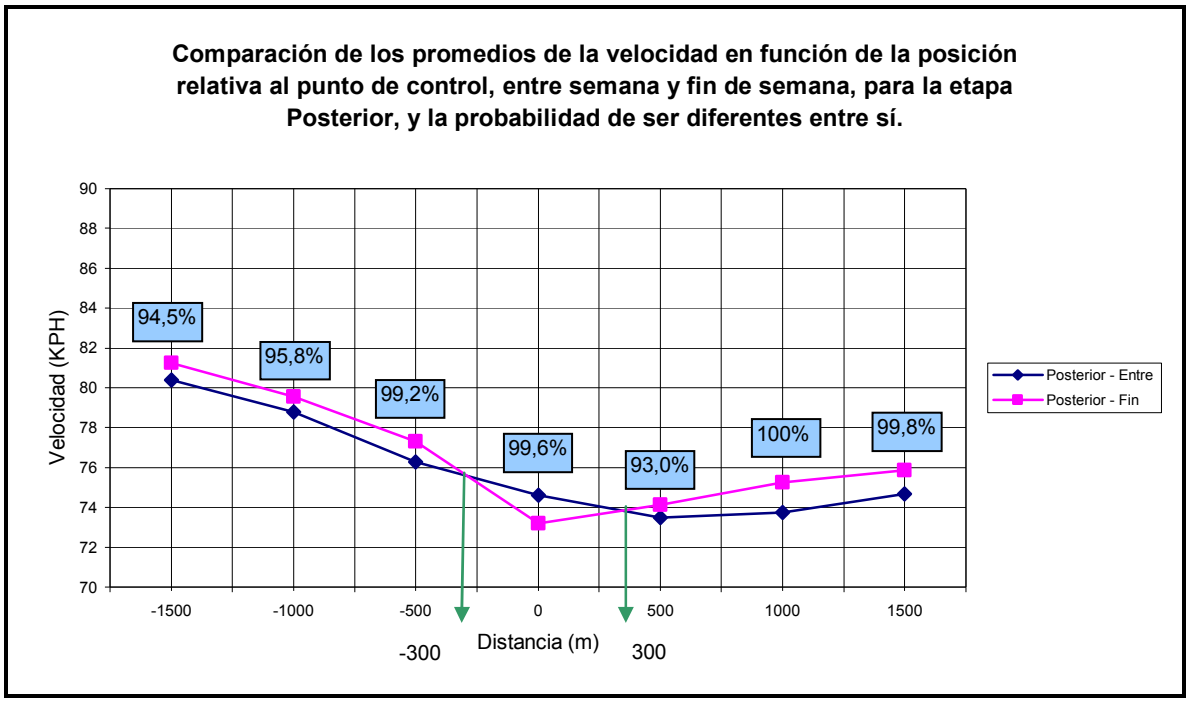


Gráfico 4-30: Comparación de los promedios de la velocidad, en función de la posición relativa al punto de control, entre semana y fin de semana, para la Etapa Posterior, y la probabilidad de ser diferentes entre sí.

En los extremos de la Zona de Estudio se obtiene lo esperable, o sea mayor la velocidad del fin de semana, sin embargo, he aquí otro resultado inesperado para el autor: en la cercanía al punto de control, se observó que la velocidad de fin de semana en la etapa Posterior, era menor que la de los usuarios de entre semana, para esa misma etapa. Aplicando la metodología de encontrar gráficamente las distancias de intersección de las curvas, se obtiene que esta longitud es de unos 600 m, (300 m antes y 300 m después).

Por otra parte, merece resaltarse que la etapa posterior tiene un comportamiento ligeramente descendente en la mayoría de los casos, lo cual confirma la tendencia

decreciente que también tienen las etapas Anterior y Durante, lo cual es otro indicio que apunta a que la Zona de Estudio aportó parte de la disminución medida. De hecho es la hipótesis del autor, (no demostrable debido a ausencia de datos de otras zonas), que en una zona en que no haya ese aporte desacelerador de la Zona de Estudio, se obtendrían resultados simétricos respecto al punto de control.

El Gráfico 4-31 muestra la consecución del objetivo de cuantificar la utilidad del operativo, pues marcando los puntos de intersección de la curva de velocidad del durante con la del antes, se obtiene que el usuario disminuye su velocidad en una longitud de aproximadamente 3 Km (1300 m antes del punto de control, y 1700 m después del mismo). Este resultado es muy poco estricto con el operativo, pues incluso una diferencia de 1 KPH en la media se detecta como resultado positivo del operativo. Repitiendo el procedimiento para la curva de la etapa Posterior y Anterior, se encuentra una disminución de velocidad de aproximadamente 1,5 Km de longitud, (300 m antes del punto de control y 1200 m después del mismo).

Se debe subrayar el hecho de que la recta de la curva de la etapa Anterior tiene un apendiente negativa, lo cual demuestra la existencia de un efecto desacelerador de la Zona de Estudio. Esto es atribuible al hecho de acercarse a una zona urbana.

Es importante subrayar que la cercanía de las curvas medidas y predichas, hacen que se obtenga prácticamente el mismo resultado de distancias de los dos párrafos anteriores, si se hubiera tomado la intersección de las curvas predichas, en lugar de las curvas medidas, como en efecto se hizo.

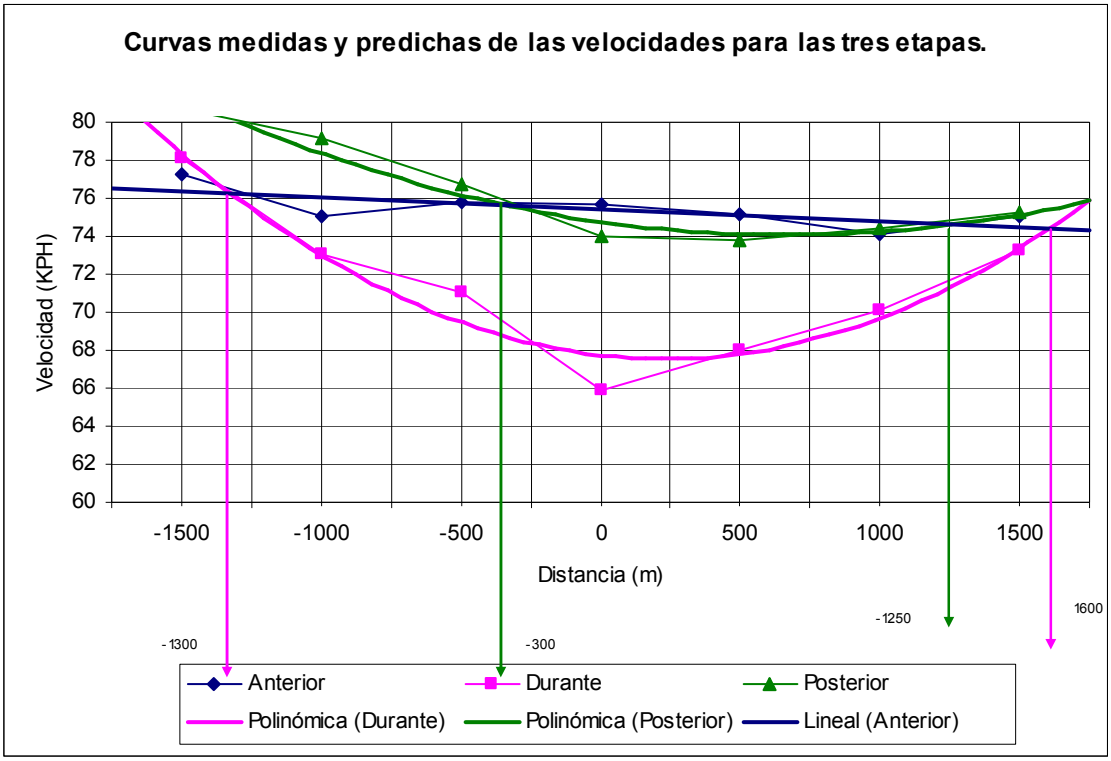


Gráfico 4-31: Curvas predichas y medidas de velocidad de las tres etapas.

Obtenido el valor de los porcentajes de desacato de las velocidades límites para la etapa Posterior, tomando en cuenta los datos ya obtenidos para las dos fases anteriores, se construyó el Gráfico 4-32. Varios puntos respecto a este gráfico merecen ser resaltados:

- La curva del Durante, en las tres etapas fue la más baja, tal y como era de esperarse.

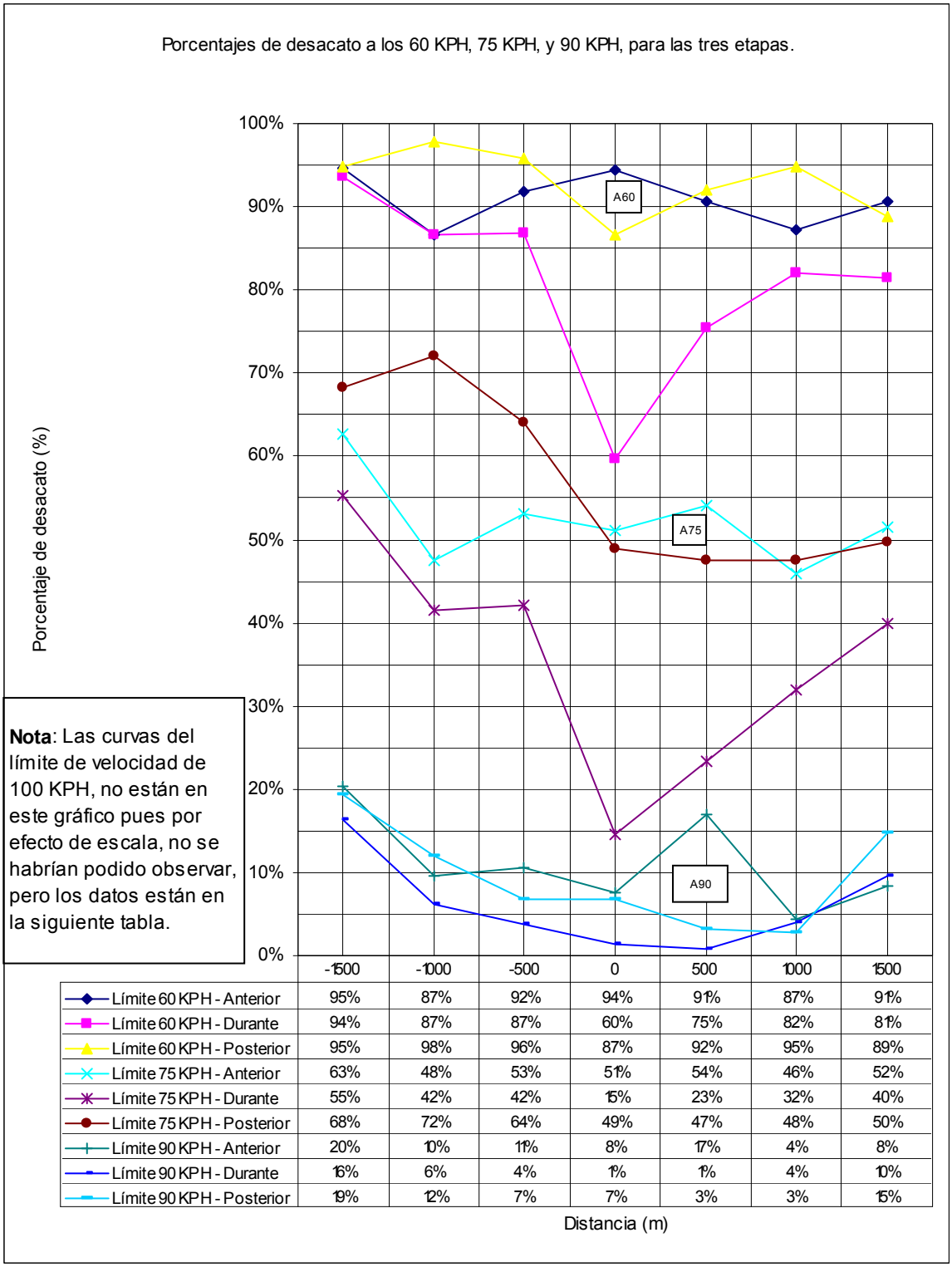
- Las curvas de la etapa Posterior tienen la misma asimetría respecto al punto de control, (o sea mayor pendiente antes que después del punto de control), que se había descubierto para la etapa del Durante.

- Ni siquiera en la etapa del Durante, en el punto de control para la velocidad de 60 KPH, la cual es la condición más halagüeña posible, se logró obtener un valor de 0% de desacato.

- Las curvas de porcentaje de irrespeto a cada uno de los límites analizados, de la etapa Anterior y Posterior, tienen un área de intersección, que es lo que podría considerarse Efecto de Aprendizaje, que es efecto de que algunos usuarios esperan encontrar el operativo, y reducen la velocidad en esas cercanías, para evitarse inconvenientes.

- Comparando las áreas mencionadas en el punto anterior, se observa que a mayor velocidad límite, mayor área entre curvas que podría considerarse efecto de aprendizaje, pese a que a mayor velocidad límite, menor porcentaje de desacato, como es obvio. O sea, los usuarios que irrespetan por mayor margen el límite de velocidad establecido, le temen más al recuerdo del operativo, que quienes lo irrespetan en menor grado.

- Es interesante observar que en la etapa Posterior hay un aumento en la velocidad respecto a la etapa Anterior, antes del punto de control, o sea para valores negativos de la distancia,. Parece que el usuario intenta compensar de antemano la velocidad que va a disminuir posteriormente al encontrarse con el operativo.



	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
Límite 60 KPH - Anterior	95%	87%	92%	94%	91%	87%	91%
Límite 60 KPH - Durante	94%	87%	87%	60%	75%	82%	81%
Límite 60 KPH - Posterior	95%	98%	96%	87%	92%	95%	89%
Límite 75 KPH - Anterior	63%	48%	53%	51%	54%	46%	52%
Límite 75 KPH - Durante	55%	42%	42%	15%	23%	32%	40%
Límite 75 KPH - Posterior	68%	72%	64%	49%	47%	48%	50%
Límite 90 KPH - Anterior	20%	10%	11%	8%	17%	4%	8%
Límite 90 KPH - Durante	16%	6%	4%	1%	1%	4%	10%
Límite 90 KPH - Posterior	19%	12%	7%	7%	3%	3%	15%

Gráfico 4-32: Variación según la posición relativa al punto de control del porcentaje de usuarios que irrespetaron determinado límite de velocidad para las etapas Anterior, Durante Posterior, (ver leyenda debajo del gráfico).

Tabla 4-18: Evolución del porcentaje de desacato, con el límite de velocidad analizado dentro de cada etapa.

Punto	Etapa											
	Anterior				Durante				Posterior			
	60 KPH	75 KPH	90 KPH	100 KPH	60 KPH	75 KPH	90 KPH	100 KPH	60 KPH	75 KPH	90 KPH	100 KPH
-1500	95%	63%	20%	2%	94%	55%	16%	3%	95%	68%	19%	4%
-1000	87%	48%	10%	2%	87%	42%	6%	0%	98%	72%	12%	2%
-500	92%	53%	11%	2%	87%	42%	4%	0%	96%	64%	7%	1%
0	94%	51%	8%	1%	60%	15%	1%	0%	87%	49%	7%	1%
500	91%	54%	17%	1%	75%	23%	1%	0%	92%	47%	3%	0%
1000	87%	46%	4%	0%	82%	32%	4%	1%	95%	48%	3%	0%
1500	91%	52%	8%	1%	81%	40%	10%	2%	89%	50%	15%	4%
Promedio	91%	52%	11%	1%	81%	36%	6%	1%	93%	57%	9%	2%

Tabla 4-19: Evolución del porcentaje de desacato en la etapa, dentro de cada límite de velocidad analizado.

Punto	Límite											
	Límite de 60 KPH			Límite de 75 KPH			Límite de 90 KPH			Límite de 100 KPH		
	Anterior	Durante	Posterior	Anterior	Durante	Posterior	Anterior	Durante	Posterior	Anterior	Durante	Posterior
-1500	95%	94%	95%	63%	55%	68%	20%	16%	19%	2%	3%	4%
-1000	87%	87%	98%	48%	42%	72%	10%	6%	12%	2%	0%	2%
-500	92%	87%	96%	53%	42%	64%	11%	4%	7%	2%	0%	1%
0	94%	60%	87%	51%	15%	49%	8%	1%	7%	1%	0%	1%
500	91%	75%	92%	54%	23%	47%	17%	1%	3%	1%	0%	0%
1000	87%	82%	95%	46%	32%	48%	4%	4%	3%	0%	1%	0%
1500	91%	81%	89%	52%	40%	50%	8%	10%	15%	1%	2%	4%
Promedio	91%	81%	93%	52%	36%	57%	11%	6%	9%	1%	1%	2%

Análogo a como se hizo con la etapa Durante, se generaron los resultados del percentil 85, percentil 15 y límite superior del paso de velocidad para la etapa Posterior, esta vez con el propósito de detectar si había alguna mejora permanente en el comportamiento del usuario, que fuera atribuible al recuerdo del operativo, así pues se generó el Gráfico 4-33 y la Tabla 4-20, que se detallan a continuación.

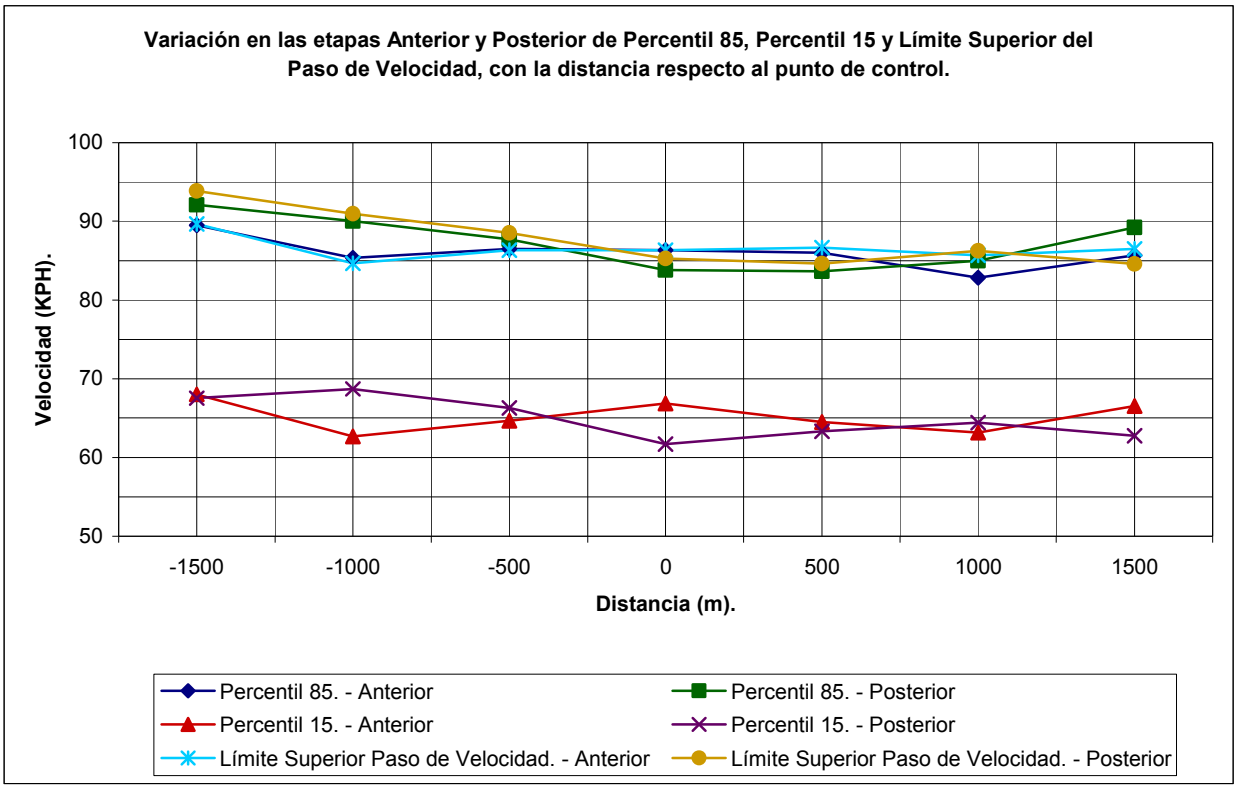


Gráfico 4-33: Variación en las etapas Anterior y Posterior de Percentil 85, Percentil 15 y Límite superior del paso de velocidad, con la distancia respecto al punto de control.

Esta gráfica, confirma la conclusión obtenida anteriormente de que la velocidad de 60 KPH, debería de ser la mínima permitida, y no la máxima. Y que la velocidad máxima permitida debería de subir al menos a 90 KPH, tal y como lo señala la cercanía de los valores de las curvas de percentil 85 y de límite superior del paso de velocidad.

Tabla 4-20: Variación en las etapas Anterior y Posterior de Percentil 85, Percentil 15 y Límite Superior de Paso de Velocidad, en función de la pasición respecto al punto de control.

Distancia (m).	Parámetro								
	Percentil 85 (KPH)			Percentil 15.			Límite Superior Paso de Velocidad.		
	Anterior	Posterior	Diferencia	Anterior	Posterior	Diferencia	Anterior	Posterior	Diferencia
-1500	89,5	92,1	2,6	68,0	67,5	-0,5	89,7	93,9	4,2
-1000	85,3	90,0	4,7	62,7	68,7	6,0	84,7	91,0	6,3
-500	86,5	87,7	1,2	64,7	66,3	1,6	86,3	88,5	2,2
0	86,3	83,8	-2,5	66,8	61,7	-5,1	86,3	85,3	-1,1
500	86,0	83,6	-2,4	64,5	63,3	-1,2	86,7	84,6	-2,0
1000	82,8	85,0	2,2	63,2	64,4	1,2	85,7	86,3	0,6
1500	85,7	89,2	3,5	66,5	62,8	-3,8	86,5	84,6	-1,9
Promedio	86,0	86,9	0,9	65,2	65,1	-0,1	86,5	87,5	1,0

En la Tabla 4-20, se observa más fácilmente lo que se podría atribuir a un efecto de aprendizaje, debido al control policial de velocidad, lo cual se refleja en los valores negativos de la tercera columna de cada uno de los parámetros analizados. Vemos que estos valores se presentan en las inmediaciones del punto de control, y es en el mejor de los casos de 2,5 KPH de disminución del percentil 85.

4.2. Limitaciones.

4.2.1 Limitación 1: El operativo no pudo contar con datos para el fin de semana.

La etapa del Durante, no pudo contar con datos de fin de semana, ver Gráfico 4-2 y Gráfico 4-9. Por otra parte, aunque de menor importancia, la etapa Anterior, no pudo contar con el día lunes, tal y como se puede apreciar en el Gráfico 4-1 y el Gráfico 4-8.

4.2.2 Limitación 2: No hubo completa duración del operativo.

La problemática de los cortes de energía eléctrica[17], que se dio en etapa de Durante, limitó el operativo a solamente unas horas, en algunos días. Este hecho no afectó a esta etapa en sí, pues todas las medidas se tomaron en momentos que sí hubo operativo. Sin embargo es posible que haya disminuido el efecto de reforzamiento que se quería dar a la etapa Posterior. Pues para lograr un efecto permanente en el usuario se requiere crear en él, el recuerdo de que en ese punto hay un operativo. Queda la duda de si con unas horas en la mañana es suficiente para que los usuarios se acostumbren a este control.

[17] Debido a escasez de agua en sus embalses, el ICE (Instituto Costarricense de Electricidad), interrumpió el fluido eléctrico en el país, en varios días de la etapa Anterior y Durante, durante casi todo el día en gran parte del país, entre ellas la zona de estudio.

4.2.3 Limitación 3: Se estudió únicamente el sentido de circulación Cartago – San José.

El estudio se hizo sólo en el sentido Cartago - San José. Lo anterior debido a que en la zona de estudio, en el sentido opuesto se encuentra una estación de peaje, que habría imposibilitado el estudio. Además, en ese sentido la pendiente positiva de la vía habría agregado otro efecto difícil de cuantificar y aislar, pero definitivamente habría influido.

4.2.4 Limitación 4: El estudio no mide diferencias por carril derecho o izquierdo.

No se hizo distinción entre carril derecho e izquierdo. Lo anterior tiene la desventaja de que el carril izquierdo tiene un mayor ángulo de incidencia, y por lo tanto un mayor error asociado, véase Figura 4-1. Sin embargo se prefirió de este modo, pues normalmente los autos de los carriles centrales van más rápido en este tipo de vías, de modo que si se hubiesen medido únicamente en el carril derecho se habría sesgado la muestra conservadoramente.

4.2.5 Limitación 5: Experimento realizado en sólo una carretera.

Debido a la naturaleza empírica del proyecto, y al hecho de que se realiza para un tipo de control específico, los resultados tendrán un rango de aplicación total para la carretera seleccionada y ese tipo de operativo en ese punto. Pese a ello, se espera que las variaciones en escenarios similares, para otros tramos de carretera aplicando el mismo control, sean pequeñas; aunque su cuantificación escapa al alcance de esta investigación.

4.2.6 Limitación 6: Ausencia de mediciones en diferentes condiciones climáticas.

No se analizan variaciones debido a condiciones climáticas, pues todas las mediciones se realizaron en horas de la mañana (entre 8 a.m. y 12 m.d.), sin lluvia, sin neblina, y sin congestión vehicular para homogenizar el origen de la muestra y así procurar uniformar los resultados.

4.2.7 Limitación 7: Falta de medición de varios de los escenarios posibles.

No se miden variaciones con la época del año, debido a que las mediciones se realizaron en el transcurso de un mes. Algunos elementos que podrían influir en un análisis a más largo plazo son:

- Periodo lectivo o no lectivo.
- Verano o invierno.
- Día o noche.

4.2.8 Limitación 8: Imposibilidad de evitar el aviso a otros conductores mediante tiliteo de luces.

No se pudo evitar que algunos usuarios le “avisaran a los de atrás” la presencia del operativo, mediante la técnica de prender y apagar varias veces las luces traseras, lo cual podría haber sido un sesgo en los resultados medidos. Pese a que esta limitación es muy discutible, pues esta conducta es generalizada en todo el país, de modo que podría considerarse una más de las situaciones que influyen y no una limitante.

4.2.9 Limitación 9: Incertidumbre en las mediciones debido al ángulo de incidencia.

Como la velocidad que se mide con un radar, es la del vehículo con respecto al aparato de medición, la velocidad registrada es menor que la velocidad del vehículo respecto a la vía. Esto sucede porque no se mide totalmente de frente al auto (pues sería peligroso para el observador, y además obvio para el usuario que está siendo medido, lo cual podría sesgar los resultados), entonces la velocidad registrada es una componente de la velocidad real del auto. Esta componente de la velocidad es proporcional al coseno del ángulo de incidencia (θ). De modo que para corregir ese error, habría que dividir la velocidad medida por el coseno del ángulo de incidencia, o sea, el que forma la visual del medidor al vehículo con la trayectoria del vehículo. Véase la Figura 4-1. Sin embargo como contra argumento de esta limitación, se debe considerar que:

$$\lim_{\theta \to 0} \left[\cos(\theta) \right] = 1 \qquad (4.10)$$

Por lo cual, si el ángulo de incidencia es bajo, la magnitud del error es despreciable. Numéricamente hablando, si el ángulo es menor de 15°, los errores presentados se suelen considerar despreciables (6).

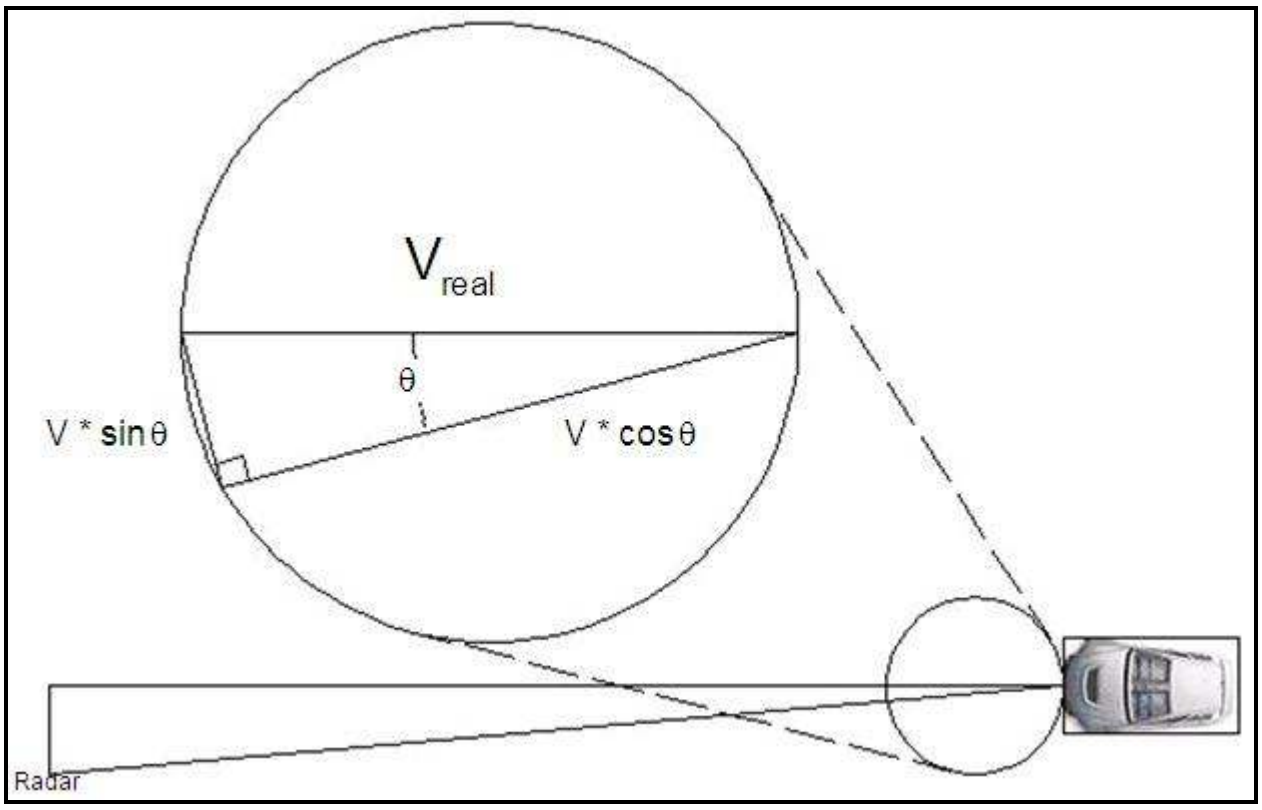


Figura 4-1: Error cometido en la medición de la velocidad con un radar, debido al ángulo de incidencia.

4.2.10 Limitación 10: Imposibilidad de obtener el comportamiento de la velocidad de los vehículos en todo el trayecto.

Lo ideal es medir la velocidad de varios autos a todo lo largo de la zona de Estudio, sin embargo esto no es práctico, por lo cual se debe tener presente que las velocidades medidas en distintos puntos, son para distintos vehículos. Pese a conocer esta realidad, el tratamiento estadístico no es capaz de tomar en cuenta este hecho.

4.2.11 Limitación 11: Desconocimiento de la existencia y magnitud de uso de detectores de radar.

No se procuró detectar si parte de los usuarios contaban con detectores de radar, pues su uso en Costa Rica está prohibido, y es poco generalizado el conocimiento sobre la existencia de este tipo de aparatos en el mercado.

4.2.12 Limitación 12: Necesidad de interpolación o extrapolación de algunas medidas.

En algunos momentos hubo lugares en que correspondía hacer mediciones, pero no se podía debido a la presencia de furgones o camiones de carga estacionado. En dicha situación se midió lo más cerca que se pudo, se midió dicha distancia y se obtuvo la velocidad en el punto que correspondía mediante interpolación lineal. Al respecto se puede consultar el Anexo 5.1, en que los valores en negro son medidos, los valores en azul son interpolados y los valores en verde son extrapolados.

4.2.13 Limitación 13: No se retiró la señal de aviso de estudio de velocidad al terminar la etapa del Durante.

Esto pudo haber afectado el comportamiento de la etapa Posterior. Sin embargo analizando el Gráfico 4-32, este no parece haber sido el caso, pues más bien parece haber un aumento de velocidad en las cercanías de la señal en la etapa Posterior, respecto a la etapa Anterior.

4.3. Conclusiones.

Si definimos la distancia de efectividad del control policial, como aquella en la que se percibe una disminución de velocidad al margen de su cuantía, entonces tenemos que el operativo es útil en 3 Km. (1300 m antes y 1700 m después del punto de control). Por otra parte una vez concluido el operativo se encuentra que hay disminución de la velocidad, por parte del usuario en una distancia de 1,5 Km., (300 m antes y 1200 m después del punto de control).

Fue sorpresivo para el autor que la pendiente de las rectas de regresión en casi todos los casos, fue menor después del punto de control que antes de este. En particular si se analiza la etapa del Durante, es la opinión del autor, que este fenómeno se debió a la desaceleración propia de la Zona de Estudio, la cual fue arrastrada al análisis estadístico, sin aislarse o cuantificarse. Respecto a la etapa Posterior, (sin obviar lo anteriormente mencionado), quizás es más comprensible, pues el usuario ya ha localizado en su mente la posición del operativo, y al no verlo, queda expectante durante un corto recorrido, hasta que se “convence”, de que ya no lo hay, y retorna a su comportamiento usual.

En contraste, siendo muy estricto, si se cuantifica la utilidad del operativo, en términos del respeto al límite de velocidad establecido para la zona de estudio (60 KPH), se debe reconocer una disminución de longitud. Lo anterior porque en el punto de control, para toda la etapa del Durante, no se logra que el promedio de las velocidades esté bajo los 60 KPH. El único momento en que se obtuvo dicho resultado, fue en el primer día de la etapa del Durante, para el cual se obtuvo una longitud de utilidad de unos 600 m, esta

vez sí simétricamente ubicado respecto al control. Lo cual demuestra que el operativo va perdiendo utilidad no solo con la distancia respecto al punto de control, sino también con el tiempo de haber comenzado el operativo.

Con base en el análisis de la etapa Anterior y Posterior, se concluye que hay una clara diferencia entre la velocidad de fin de semana en comparación con la velocidad entre semana para la misma etapa. Para la etapa anterior el resultado es acorde con lo esperable, (mayor velocidad durante el fin de semana), debido a la menor cantidad de usuarios en carretera. Sin embargo en la etapa Posterior, hay una longitud de 600 m, en torno al punto de control en la que el fenómeno es inverso al esperado. Lo anterior podría atribuirse al hecho de que normalmente el usuario de fin de semana, tiene menos información respecto a la ruta, que el usuario de los días regulares de trabajo, por lo que los primeros no sabían que el operativo ya había concluido, y seguían reduciendo la velocidad en las cercanías de la zona.

4.4. Recomendaciones.

4.4.1 Distanciamiento de 3 Km entre operativos.

Asignar a los oficiales de tránsito a cada 3 Km, cuando se requiera controlar muy bien un tramo de vía, por ejemplo en Semana Santa, en que las vías hacia y desde algunos sitios turísticos se saturan, o en la Autopista de la Zona de Estudio, en las fechas cercanas al 2 de agosto, pues esta distancia demostró mantener algún efecto en la conducta de los usuarios. Sin embargo se debe tener en cuenta no descuidar el resto del país.

4.4.2 Aumento de velocidad máxima a 80 KPH.

Subir la velocidad mínima de la zona de estudio, de 60 KPH a 80 KPH, pues con base en la observación de los valores del percentil 85 y los porcentajes de desacato de las etapas Anterior y Posterior, se concluye que la vía permite al usuario desarrollar una velocidad mucho más alta, debido a sus condiciones geométricas y de diseño entre otras cosas. Por otra parte, observando el Gráfico 4-32, se observa que el límite de velocidad de 60 KPH, está muy por debajo de todos los valores obtenidos, incluso para la etapa del Durante, que fue la de resultados más halagüeños. Esto crea una situación antagónica, y es la de que se incentiva un peligro para el usuario que sí respete el límite de velocidad tan bajo, pues este hecho le hará víctima de muchos adelantamientos, lo cual le aumenta su probabilidad de sufrir un accidente. Por otra parte no tiene mayor sentido, establecer un límite de velocidad que nadie va a respetar, pues esto crea en el usuario la peligrosa sensación de que no hay consecuencias negativas al irrespetar el límite establecido, y cuando traslada este comportamiento a otras situaciones, en las

que el límite de velocidad sí es consecuente con el sitio, es mucho mayor el peligro que se corre.

4.4.3 Automatización del proceso de multa a los infractores.

Automatización del proceso de multa a los infractores del límite máximo de velocidad. Ya en Costa Rica se intentó en el pasado implementar sistemas de este tipo como por ejemplo el Sistema Maron, pero este se dejó de usar debido a trabas legales, pues se argumentó que era una invasión a la privacidad, y además la multa se ponía con la placa del automóvil, por lo que se multaba al dueño del auto, no necesariamente al infractor. Es la opinión del autor que eliminar el sistema, pese a estos tecnicismos jurídicos, fue un paso en la dirección equivocada, pues entre más automático sea el proceso, mejores resultados se obtienen, y además el método de dos oficiales con un radar es muy lento y mucho del tiempo de los oficiales se pierde en trabajo de oficina, asistencias a juzgados, declaraciones, etcétera, mientras en las calles podrían, (deberían) estar en otras funciones.

A modo de analogía, nadie esgrimiría como argumento a su favor para no pagar el recibo telefónico, el hecho de que no hizo las llamadas sino alguien más, pues es de aceptación popular que el dueño del derecho telefónico es responsable de lo que con su uso se hace, sin embargo, a la hora de pasar ese concepto al vehículo, (el cual sí se puede convertir en un arma mortal en manos inapropiadas), aceptamos como defensa el hecho de que no hay certeza de la identidad del infractor, privilegiando el derecho individual sobre el colectivo, en un tema de seguridad vial. Ya lo dijo una vez don Oscar

Arias Sánchez, “Costa Rica sería diferente si hubiera la mitad de abogados y el doble de ingenieros”.

4.4.4 Estudio de este tema en otros escenarios y/o tecnologías.

Un fenómeno interesante descubierto por Brackett (29), es el del aumento de la distancia de efecto del operativo, cuando se varía la ubicación de los operativos en determinada zona. Este efecto no se ha estudiado en Costa Rica, y es la opinión del autor que merece ser estudiado, pues no es práctico ubicar oficiales en las vías a cada tres kilómetros, por cuestiones logísticas y de costo. Sin embargo determinando estadísticamente zonas y horas más peligrosas, como por ejemplo hizo Pujol (), se podría ubicar oficiales en distintos puntos cada día, para alargar esta longitud a toda la zona problemática, con el mínimo de recursos humanos posibles.

4.4.5 Mejora del señalamiento vertical y horizontal.

Mejorar el señalamiento vertical y horizontal, concretamente en lo relativo a:

- Distancias entre sí.
- Visibilidad.
- Arreglar las dañadas por el vandalismo.
- Volver a pintar las señales verticales.

4.4.6 Mayor control respecto a señales publicitarias.

Vigilar el uso (abuso) de las señales publicitarias, muchas de ellas concentradas en muy cortos tramos de la vía y otros prácticamente inutilizados. Algunas de ellas incluso obstaculizando la visibilidad a señales del MOPT.

4.4.7 Estudio de la posibilidad de eliminar algunos accesos a la vía.

Revisar los accesos a la vía (quizás mediante algún otro proyecto de tesis de la Escuela de Ingeniería Civil), tanto dentro de la zona de estudio, como a lo largo del resto de la Autopista Florencio del Castillo, hay accesos, que vale la pena analizar la posibilidad de cerrarlos, pues cuentan con otras vías de comunicación. Lo anterior haría el flujo a través de esta vía más expedito y seguro.

4.4.8 Análisis de la posibilidad de un paso peatonal.

Analizar la posibilidad de construcción de un paso peatonal en el intermedio de los puntos de análisis 1 y 2, debido al alto flujo peatonal de la zona, (ver Figura 4-2), pues es la ruta peatonal de comunicación entre San Diego y la parte Sur de Tres Ríos, ambos distritos pertenecientes al Cantón de La Unión, el cual es partido por la Autopista.

Figura 4-2: Posición sugerida para analizar la construcción de un puente peatonal, debido al alto flujo peatonal entre San Diego y el sur de Tres Ríos. Fuente: Google Earth, editada por el autor.

4.4.9 Corolario.

Si bien es cierto, no se puede pretender que absolutamente todos los usuarios van a acatar la normativa, es más ni siquiera a reaccionar del todo, el efecto de lograr que se reduzca la velocidad, aunque sea inicialmente solo por algunos de los usuarios, y aunque sea una reducción relativamente baja, logrará fomentar esa tendencia en otros usuarios, pues como concluye Haglund (12), un factor importante en la elección de la velocidad de los usuarios de una vía, es el comportamiento de los demás usuarios.

4.5. Referencia bibliográfica.

1. Abarca M.: “Análisis de accidentes de tránsito en Costa Rica”. Informe Final de Proyecto de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, 1980.

2. Abdel-Aty M.: “Improving Safety and Security by Developing a Traffic Accident Prevention System”. University of Central Florida, 2005.

3. Asamblea Legislativa: “Ley No 7331, Ley de tránsito por vías públicas terrestres” San José, Costa Rica, 1993.

4. Balmaceda A.: “Factores que inciden en la ocurrencia de accidentes de Tránsito”. Informe Final de Proyecto de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, 2002.

5. Cal y Mayor, Rafael.: “Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones”. Sétima edición, Editorial Alfaomega, Santafé, Bogotá, Colombia. 2000.

6. Cal y Mayor, Rafael.: “Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte”. Editorial Alfaomega, Santafé, Bogotá, Colombia.

7. Davis G.: “A case controlled study of driving speed and crash risk”. University of Minnesota, 2001.

8. Flores R.: “Estudio de velocidades de vehículos automotores en Costa Rica”. Informe Final de Proyecto de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica, 1961[18].

9. Flores R.: “Plan Nacional de Desarrollo Urbano y la Seguridad Vial”. Revista Tecnología MOPT, Vol. 9 No 1 y 2 Enero – Diciembre, 2001, San José, Costa Rica.

10. Gamboa D., Gutiérrez A.: “Los accidentes de tránsito: Un modelo de análisis económico”. Informe Final de Proyecto de Graduación, Escuela de Economía, Universidad de Costa Rica, 2002.

11. González, J.: “Estudio de velocidades en las carreteras de Costa Rica”. Informe Final de Proyecto de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica, 1963.

12. Haglund M.: “Speed Choice: The Driver, the Road and Speed Limits”. Doctoral thesis, Department of Psychology, Uppsala Universitet, Suecia, 2001.

13. INS: “Manual del conductor, La velocidad primera causa de muerte”. http://www.ins.go.cr/machofer.nsf/pag/conse7

14. INS: Accidentes de tránsito: “Casi 900 millones de colones paga el INS”. http://portal.ins-cr.com/General/Noticias/NOTICIASPAGOSOA.htm

[18] Se consigna esa fecha, por ser la que aparece como fecha de comienzo del estudio, pero la tesis no detalla la fecha de conclusión de la misma.

15. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaria de Comunicaciones y Transportes: “Análisis Estadístico de accidentes en carreteras federales”, Documento Técnico 27, Sanfandila, Queretaro, México, 2002.

16. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaria de Comunicaciones y Transportes: “Análisis Estadístico de accidentes en carreteras federales”, Documento Técnico 34, Sanfandila, Queretaro, México, 2005.

17. Kloeden C. N. McLean A. J. Moore V. M. Ponte G.: “Travelling speed and the risk of crash involvement, Volume 1”. http://casr.adelaide.edu.au/speed/vol-1.html#sec6

18. Luis Fernando C.: “Accidentes de tránsito, una amenaza cotidiana”. Crisol, http://www.odi.ucr.ac.cr/crisol/accitrans.html

19. Loaiza V.: “Autos tardarán 8 minutos menos en cruzar San José con semáforos nuevos”, La Nación, 24 de marzo 2006, San José, Costa Rica.

20. Loaiza V., Formoso A.: “Tránsito hará partes electrónicos”, La Nación, 27 de setiembre 2006, San José, Costa Rica.

21. Matamoros G.: “Diagnóstico de la incidencia de accidentes de tránsito en el área central de San José”. Informe Final de Proyecto de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, 1984.

22. MetroCount®: “MetroCount Traffic Executive”. http://www.metrocount.com/downloads/automatic_traffic_counter.html

23. OMS.: “Campos electromagnéticos y salud pública: radares y salud humana”, Nota informativa 226, Junio, 1999, disponible en. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs226/es/index.html

24. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD): “Road Safety Principles and Models: Review of descriptive, predictive, risk and accident consequence models”. 1997.

25. Oviedo, E.: “Gasolina sube ¢51 mañana”. La Nación, Viernes 12 de mayo, 2006, http://www.nacion.com/ln_ee/2006/mayo/12/pais0.html

26. Pignataro, Louis: “Traffic Engineering theory and practice”. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, Nueva Jersey, Estados Unidos, 1973.

27. Poder Judicial, Departamento de Planificación, Sección de Estadística. “Muertes por accidentes de tránsito”. http://www.poder-judicial.go.cr/planificacion/estadistica/policiales/Muertes%20de%20Transito/index.ht

28. Programa Estado de la Nación: “Décimo Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible”. San José, Costa Rica, 2004.

29. Brackket Quin, R.: “Comparative evaluation of speed control strategies”. Proquest Dissertations and Theses; 109 p, Ph D dissertation, United States, Texas: Texas A&M University, 1977.

30. Quintana Ruiz, Carlos: “Elementos de Inferencia Estadística”. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 1996.

31. Schwar, J. y Huarte, J.: “Métodos estadísticos en Ingeniería de Tránsito”, Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A., Distrito Federal, México. 1975.

32. Secretaria de Integración Económica Centroamericana: “Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito: Catálogo de Señales Verticales”. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2000.

33. Secretaria de Integración Económica Centroamericana: “Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito: Resumen Técnico”. Managua, Nicaragua, 2004.

34. Segui J. , Martínez M.: “Los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana”., Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, Universidad de Barcelona, agosto 2004, http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-170-60.htm

35. Solomon D.: “Accidents on main rural highways related to speed, driver and vehicle”. Washington, DC: US Department of Commerce & Bureau of Public Roads, 1964.

36. Texas Department of Transportation, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration: “ITS: Benefits and Evaluation Methods and Reported Benefits”. 1998.

37. Valverde, German: “Informe de Auditoría Técnica de Seguridad Vial Carretera Florencio del Castillo”. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Marzo 2003.

38. Weisstein, Eric W. "Chi-Squared Distribution." From MathWorld--A Wolfram Web Resource. http://mathworld.wolfram.com/Chi-SquaredDistribution.html

39. Weisstein, Eric W. "F-Distribution." From MathWorld--A Wolfram Web Resource. http://mathworld.wolfram.com/F-Distribution.html

40. Weisstein, Eric W. "Normal Distribution." From MathWorld--A Wolfram Web Resource. http://mathworld.wolfram.com/NormalDistribution.html

41. Weisstein, Eric W. "Probability Function." From MathWorld--A Wolfram Web Resource. http://mathworld.wolfram.com/ProbabilityFunction.html

42. Weisstein, Eric W. "Statistical Distribution.” From MathWorld--A Wolfram Web Resource. http://mathworld.wolfram.com/StatisticalDistribution.html

43. Weisstein, Eric W. "Student's t-Distribution." From MathWorld--A Wolfram Web Resource. http://mathworld.wolfram.com/Studentst-Distribution.html

44. Weerasekera, K.: “The effects of physical speed control devices on fundamental characteristics of traffic flow”, Proquest Dissertations And Theses 1997. [Ph.D. dissertation].Australia: University of New South Wales (Australia); 1997. Publication Number: AAT 0598891.

45. Zar, Jerrold H.: “Biostatistical Analysis", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, Estados Unidos. 1984.

Equation Section (Next)

5. Anexos.

5.1. Mediciones de velocidades.

Simbología de colores:

----------	Velocidades medidas.
----------	Velocidades interpoladas.
----------	Velocidades extrapoladas.

5.1.1 Etapa Anterior.

5.1.1.1 Martes 24 de abril del 2007.

Dato	1	2	3	4	5	6	7
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
1	77	76	94	100	67	66	80
2	60	74	73	92	58	68	73
3	81	66	75	82	55	69	77
4	71	62	54	79	76	74	68
5	81	68	78	79	80	68	69
6	74	62	83	61	81	75	55
7	98	75	66	81	66	58	69
8	69	77	75	76	79	60	50
9	71	70	55	84	75	79	88
10	74	74	55	72	79	68	63
11	56	68	71	73	80	78	76
12	72	68	66	79	98	79	70
13	74	70	63	79	85	80	76
14	72	87	67	71	80	78	72
15	67	66	71	79	75	79	82
16	65	91	89	75	82	77	72
17	77	65	79	64	82	79	75
18	85	72	84	69	91	75	59
19	99	98	91	58	50	60	71
20	82	66	78	61	71	74	76
21	80	68	85	56	65	75	85
22	98	88	74	60	76	74	71
23	63	66	76	73	69	71	73
24	69	61	86	75	71	78	84
25	84	78	77	72	78	76	74
26	100	74	82	62	93	81	84
27	89	81	90	69	74	77	78
28	63	67	76	83	68	69	70
29	75	66	91	90	76	70	76
30	95	76	85	103	72	74	79
31	76	89	77	66	72	70	67
32	76	84	81	74	78	75	73
33	73	91	79	81	84	76	95
34	77	71	72	77	70	82	90
35	80	74	81	69	70	74	80
36	86	64	69	78	75	70	76
37	78	69	93	87	70	86	70
38	82	57	77	79	79	54	89
39	87	82	69	70	65	59	78
40	96	48	84	74	67	86	73
41	78	76	83	70	79	84	78
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
Promedio	78,29	72,80	76,93	75,17	74,66	73,29	74,73
Desv. Est.	10,86	10,15	9,99	10,35	9,37	7,49	8,88
Varianza	117,91	103,06	99,77	107,05	87,83	56,16	78,80
Moda	77	66	77	79	79	74	76
Pesados	4	5	6	6	5	4	7

5.1.1.2 Miércoles 25 de abril del 2007.

Dato	1	2	3	4	5	6	7
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
1	71	68	52	65	75	74	84
2	108	79	58	85	91	60	64
3	112	70	74	77	95	74	66
4	62	80	88	71	76	83	52
5	90	57	57	72	74	90	71
6	91	55	61	80	45	81	78
7	71	54	67	87	70	71	70
8	67	87	70	84	61	77	66
9	78	56	87	60	85	52	66
10	51	74	94	73	51	51	72
11	96	72	78	60	55	59	68
12	94	80	83	90	76	63	52
13	63	74	65	79	88	85	79
14	63	98	61	69	76	67	61
15	73	105	69	79	86	73	59
16	79	61	59	71	62	60	71
17	69	64	84	83	71	80	69
18	82	73	86	73	51	70	65
19	75	47	76	84	71	90	66
20	84	91	74	75	67	61	69
21	76	70	67	71	66	68	67
22	78	73	87	75	63	70	66
23	83	83	94	68	71	75	61
24	81	87	98	73	81	69	70
25	56	112	65	52	74	75	77
26	74	90	79	76	76	68	71
27	41	79	74	88	70	60	89
28	56	88	73	72	69	77	77
29	85	64	63	51	83	75	62
30	72	78	70	52	71	60	66
31	74	50	93	70	82	70	76
32	73	50	76	65	86	80	71
33	70	57	71	60	60	78	65
34	71	53	65	71	91	90	67
35	85	76	79	66	75	71	64
36	74	72	77	82	73	54	83
37	68	87	82	67	61	72	72
38	58	59	75	69	68	72	86
39	76	62	80	65	67	64	67
40	93	82	79	67	72	66	68
41	87	82	85	86	70	80	80
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
Promedio	75,85	73,15	75,00	72,27	72,07	71,10	69,59
Desv. Est.	14,22	15,29	11,19	9,81	11,24	9,89	8,09
Varianza	202,18	233,78	125,15	96,20	126,37	97,89	65,40
Moda	71	87	74	71	76	60	66
Pesados	8	5	4	7	6	7	5

5.1.1.3 Jueves 26 abril del 2007.

Dato	1	2	3	4	5	6	7
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
1	74	81	80	77	89	69	87
2	57	80	78	83	95	79	78
3	60	75	70	65	80	88	75
4	80	55	97	68	88	80	70
5	83	64	63	90	70	86	80
6	74	75	75	79	80	89	90
7	87	70	53	75	72	93	73
8	75	79	74	71	79	79	68
9	75	48	70	60	68	93	60
10	79	91	71	66	66	77	70
11	76	95	56	73	73	80	48
12	86	71	97	84	60	99	69
13	92	69	67	89	68	63	87
14	72	70	68	81	76	74	83
15	75	39	80	77	74	74	86
16	81	71	69	79	71	83	92
17	83	77	56	69	84	67	69
18	90	66	70	68	83	71	79
19	82	76	68	84	68	71	71
20	100	76	59	78	86	63	84
21	76	63	64	86	78	40	67
22	85	58	89	75	73	59	60
23	88	75	55	77	73	75	79
24	90	77	71	84	79	48	86
25	55	76	69	79	65	67	89
26	82	79	80	68	70	76	82
27	84	72	79	62	85	75	96
28	92	70	74	69	87	79	105
29	68	69	72	73	83	62	78
30	63	94	79	89	104	60	73
31	68	55	79	65	86	69	75
32	70	72	78	68	54	89	60
33	75	75	76	88	78	86	59
34	75	78	92	71	61	74	79
35	72	90	65	74	78	67	78
36	79	83	88	73	65	57	89
37	88	83	72	87	83	79	96
38	69	67	52	76	57	71	85
39	85	78	71	67	76	52	83
40	100	95	40	70	72	79	80
41	95	77	77	74	72	72	71
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
Promedio	79,02	73,51	71,78	75,39	75,83	73,51	77,78
Desv. Est.	10,60	11,75	11,94	7,96	10,21	12,45	11,53
Varianza	112,27	138,16	142,53	63,39	104,20	155,11	132,98
Moda	75	75	80	68	72	79	78
Pesados	5	3	2	5	2	4	4

5.1.1.4 Viernes 27 de abril del 2007.

Dato	1	2	3	4	5	6	7
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
1	73	75	83	109	71	73	74
2	76	75	89	71	77	84	68
3	67	72	84	71	64	78	63
4	92	73	83	61	70	72	74
5	57	70	76	67	68	68	69
6	64	58	71	71	70	62	59
7	85	85	81	76	65	62	70
8	90	87	87	70	69	80	59
9	95	59	75	76	63	67	73
10	86	65	87	75	74	55	84
11	85	91	79	63	64	61	86
12	87	74	93	65	73	73	105
13	79	69	81	70	75	66	69
14	84	76	70	82	92	59	70
15	84	69	73	69	73	81	74
16	82	54	88	92	80	71	69
17	75	95	83	69	73	82	76
18	80	99	90	77	78	70	94
19	74	66	68	82	46	79	96
20	77	81	87	74	64	81	79
21	96	67	73	93	66	77	85
22	71	78	70	88	78	82	70
23	93	80	78	90	49	65	69
24	83	68	85	72	74	60	79
25	90	82	65	92	76	87	84
26	80	52	73	81	61	68	73
27	79	75	77	85	79	73	60
28	73	61	73	79	83	60	70
29	77	73	86	81	90	75	96
30	57	73	66	87	62	67	63
31	89	64	77	90	77	77	69
32	66	112	65	56	85	67	61
33	70	71	74	67	91	69	68
34	78	75	77	72	87	71	74
35	80	84	67	68	91	67	50
36	79	64	74	90	77	61	58
37	89	58	61	75	87	42	62
38	82	79	85	82	91	71	57
39	86	76	99	86	91	78	58
40	84	49	74	84	84	82	69
41	72	64	58	74	72	89	78
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
Promedio	79,66	73,12	77,68	77,61	74,63	71,02	72,29
Desv. Est.	9,37	12,64	9,08	10,58	11,05	9,55	11,84
Varianza	87,78	159,66	82,37	111,94	122,04	91,22	140,26
Moda	79	75	73	71	91	67	69
Pesados	4	4	5	6	7	6	6

5.1.1.5 Sábado 28 de abril del 2007.

Dato	1	2	3	4	5	6	7
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
1	81	65	72	69	94	81	76
2	77	92	75	79	72	64	78
3	83	60	71	79	91	74	74
4	85	68	69	71	51	67	60
5	86	85	77	76	40	95	80
6	91	90	68	71	82	82	96
7	99	62	65	95	65	67	98
8	72	78	77	101	72	93	105
9	73	83	73	82	72	69	68
10	82	74	79	68	77	72	86
11	85	80	57	91	78	75	79
12	69	89	53	67	60	73	58
13	70	52	66	92	84	72	67
14	81	64	70	60	67	73	76
15	83	57	67	75	70	77	49
16	49	60	83	80	93	73	89
17	79	74	73	71	79	79	85
18	79	79	82	84	80	75	76
19	76	65	55	67	80	78	71
20	93	65	83	64	75	77	69
21	72	71	79	87	82	65	64
22	88	88	84	64	85	90	79
23	88	60	67	85	73	82	84
24	70	59	85	75	66	63	70
25	67	80	96	69	60	70	76
26	72	85	69	73	75	73	79
27	83	71	94	73	79	80	63
28	85	68	92	77	84	83	69
29	93	71	106	77	75	57	79
30	65	81	81	76	60	68	80
31	81	56	102	69	77	58	84
32	73	57	106	79	80	70	87
33	81	68	96	67	93	79	90
34	86	57	67	73	42	54	76
35	71	82	82	63	65	71	70
36	61	69	91	69	79	96	79
37	63	85	74	83	78	90	68
38	74	91	85	76	67	75	84
39	71	73	87	77	58	70	80
40	66	68	91	74	61	67	76
41	88	64	75	89	69	64	84
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
Promedio	77,75	72,03	78,80	76,20	72,40	74,00	77,10
Desv. Est.	10,16	11,32	13,01	9,21	12,08	9,81	10,87
Varianza	103,27	128,08	169,14	84,78	145,99	96,26	118,14
Moda	83	68	67	79	72	73	76
Pesados	6	7	8	7	7	7	4

5.1.1.6 Domingo 29 de abril del 2007.

Dato	1	2	3	4	5	6	7
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
1	68	84	91	71	92	52	70
2	50	71	74	60	83	71	73
3	66	64	76	70	88	72	100
4	76	92	69	83	75	74	82
5	92	80	66	69	95	68	66
6	67	72	68	65	101	77	69
7	91	65	70	74	88	84	85
8	82	80	80	70	72	82	93
9	77	76	72	90	76	92	59
10	84	78	66	76	74	63	68
11	105	75	74	81	86	79	81
12	77	75	80	88	89	89	84
13	91	83	91	75	74	45	93
14	67	68	78	82	72	90	82
15	83	53	63	89	64	76	87
16	69	75	64	90	84	73	95
17	75	88	80	73	79	57	92
18	87	74	72	81	66	66	93
19	75	70	85	72	78	74	69
20	86	59	55	99	87	59	78
21	95	70	61	66	92	89	79
22	106	79	64	59	76	63	86
23	81	74	87	81	81	86	90
24	86	86	83	70	80	93	75
25	70	72	82	69	59	74	81
26	90	83	75	75	70	110	83
27	74	85	80	82	83	95	88
28	75	83	72	83	69	83	100
29	74	80	77	92	58	87	69
30	62	58	76	74	81	87	90
31	67	84	75	96	75	81	80
32	58	94	90	78	88	68	84
33	70	87	62	92	98	62	82
34	89	94	96	89	74	81	89
35	95	101	82	99	93	80	97
36	78	89	66	74	80	87	85
37	77	98	111	104	90	85	80
38	75	98	95	97	62	86	76
39	76	75	87	92	106	79	85
40	74	85	59	74	87	70	79
41	77	80	64	59	67	60	94
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
Promedio	78,73	78,83	75,68	79,80	80,00	77,43	83,03
Desv. Est.	11,78	11,06	11,52	11,66	11,25	12,53	9,60
Varianza	138,87	122,40	132,69	135,91	126,56	156,92	92,18
Moda	77	80	80	74	88	74	82
Pesados	7	6	6	6	7	8	4

5.1.2 Etapa Durante.

5.1.2.1 Lunes 30 de abril del 2007.

Dato	1	2	3	4	5	6	7
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
1	77	60	56	60	54	54	55
2	47	67	69	47	59	58	71
3	56	62	71	56	60	49	59
4	87	69	98	46	65	60	67
5	55	77	71	62	65	62	76
6	60	64	67	49	54	43	91
7	69	67	52	72	66	61	83
8	61	51	72	57	62	76	77
9	65	51	42	61	62	65	69
10	66	56	50	69	72	51	78
11	69	73	49	58	63	80	72
12	81	59	78	66	50	62	79
13	88	60	55	40	59	55	66
14	81	80	59	80	63	58	80
15	63	68	62	69	59	60	106
16	92	61	71	59	63	72	69
17	64	47	68	64	64	61	64
18	67	56	53	59	73	68	43
19	65	75	66	60	84	74	69
20	55	68	58	42	60	81	82
21	60	74	59	52	42	69	48
22	73	49	61	59	62	70	53
23	62	58	64	51	80	105	55
24	65	55	67	54	51	95	58
25	67	50	69	52	56	82	70
26	79	65	72	46	63	63	50
27	65	70	79	48	64	77	66
28	78	72	70	48	60	79	75
29	67	62	65	72	75	53	76
30	68	68	58	63	48	61	81
31	69	79	61	61	72	65	61
32	56	82	81	66	57	78	76
33	73	69	82	54	50	67	91
34	61	68	68	44	43	34	69
35	67	57	64	59	56	58	72
36	62	50	64	71	67	60	82
37	68	53	70	70	60	93	84
38	61	66	69	47	80	64	60
39	62	58	70	48	88	72	73
40	63	68	62	50	61	63	54
41	91	69	60	53	43	48	69
Promedio	67,93	63,73	65,41	57,17	61,83	66,00	70,22
Desv. Est.	10,15	9,11	10,12	9,45	10,44	13,90	12,78
Varianza	102,97	83,00	102,50	89,30	109,10	193,10	163,28
Moda	65	68	69	59	60	58	69
Pesados	3	4	7	8	7	8	8

5.1.2.2 Martes 1 de mayo del 2007

(Feriado nacional, día del trabajador).

Dato	1	2	3	4	5	6	7
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
1	74	67	64	44	53	70	90
2	81	61	58	32	63	40	70
3	79	78	82	52	70	108	64
4	106	86	72	59	79	58	75
5	113	94	84	46	72	89	81
6	94	90	78	56	79	60	73
7	76	64	65	52	73	68	61
8	98	78	85	63	80	72	60
9	77	62	93	43	79	73	67
10	90	67	68	51	76	77	73
11	86	79	86	56	66	74	70
12	90	80	74	54	61	84	75
13	95	84	80	62	59	69	75
14	81	74	62	67	70	79	80
15	79	70	92	46	50	91	56
16	91	64	70	41	87	92	100
17	83	70	59	70	66	86	92
18	62	71	73	70	64	75	76
19	100	88	78	73	60	74	66
20	104	39	81	35	70	63	73
21	86	51	82	75	57	54	76
22	70	64	55	45	73	70	57
23	90	68	75	50	60	89	84
24	88	69	84	60	89	48	73
25	94	77	91	69	79	46	63
26	91	75	73	75	49	69	68
27	116	81	77	68	46	83	48
28	75	69	78	60	78	70	66
29	57	64	55	40	79	72	75
30	85	64	76	64	82	81	88
31	64	80	82	81	74	77	61
32	123	84	92	71	75	97	59
33	50	61	80	58	74	57	57
34	98	62	90	70	75	63	71
35	84	104	90	72	47	78	61
36	84	97	58	85	77	69	65
37	87	91	83	90	73	66	72
38	85	91	86	65	109	71	70
39	82	94	70	60	75	44	70
40	71	62	79	67	59	49	62
41	72	82		65	64	69	65
Posición	-1500	-1000	-500	0	500	1000	1500
Promedio	85,63	74,54	76,50	60,05	70,02	71,32	70,44
Desv. Est.	15,01	13,32	10,75	13,40	12,44	14,73	10,55
Varianza	225,39	177,30	115,59	179,65	154,67	216,92	111,40
Moda	90	64	82	70	79	69	70
Pesados	5	6	7	6	6	5	5

5.1.2.3 Miércoles 2 de mayo del 2007.

Dato	1	2		3	4		5	6	7		8	9		10	11
Posición	-1500	-1100	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	95	68	70	71	52	51	50	75	84	77	74	69	70	73	96
2	70	79	78	77	58	67	85	51	64	61	60	84	79	69	94
3	85	70	75	80	74	75	77	63	66	71	74	75	78	84	92
4	62	80	75	69	88	82	71	76	52	73	83	60	72	96	83
5	90	57	58	59	57	62	72	74	71	84	90	84	84	84	69
6	91	55	56	57	61	67	80	45	78	80	81	72	72	73	59
7	71	54	62	69	67	64	59	70	70	71	71	61	64	71	60
8	67	87	84	80	70	75	84	61	66	73	77	59	62	69	74
9	78	95	95	94	87	78	60	85	66	57	52	83	82	79	84
10	51	74	90	106	45	54	73	51	72	58	51	48	51	58	85
11	96	72	73	74	78	72	60	55	68	62	59	59	55	48	72
12	94	80	80	80	60	70	90	60	52	59	63	73	72	69	94
13	63	74	67	59	65	70	79	88	79	83	85	90	85	74	96
14	63	98	83	68	61	64	69	76	61	65	67	59	64	75	75
15	73	105	84	63	69	65	58	45	59	68	73	69	81	104	69
16	79	61	56	51	59	63	71	62	71	64	60	59	68	87	62
17	69	64	69	74	84	84	83	71	69	76	80	71	78	93	58
18	82	73	74	75	86	82	73	51	65	68	70	83	86	91	83
19	75	47	62	76	76	79	84	71	66	82	90	86	82	75	85
20	84	91	88	85	74	74	75	67	69	64	61	69	73	82	83
21	76	70	77	83	67	68	71	66	67	68	68	63	71	86	59
22	78	73	84	95	58	64	75	63	66	69	70	60	72	95	68
23	83	83	87	91	94	85	68	71	61	70	75	66	79	105	62
24	81	87	92	97	57	62	73	81	70	69	69	62	66	73	73
25	56	60	71	82	65	61	52	74	77	76	75	71	72	75	79
26	84	90	77	64	79	78	76	76	71	69	68	69	75	86	74
27	69	79	74	69	74	69	60	70	89	70	60	63	73	94	60
28	91	88	80	71	73	66	53	69	77	77	77	64	66	69	85
29	84	64	71	77	63	59	51	83	62	71	75	72	69	63	93
30	96	78	76	74	70	64	52	71	66	62	60	81	73	58	105
31	74	50	65	79	59	63	70	82	76	72	70	79	76	69	69
32	93	50	55	60	76	72	65	48	71	77	80	74	71	64	84
33	70	57	58	58	71	67	60	60	65	74	78	77	73	64	72
34	71	53	52	50	65	67	71	51	67	82	90	67	72	83	60
35	85	76	66	56	79	75	66	75	64	69	71	68	69	72	59
36	91	72	67	61	77	79	82	73	83	64	54	85	77	61	74
37	68	55	60	64	82	77	67	61	72	72	72	79	72	59	85
38	103	94	81	68	75	73	69	68	86	77	72	77	71	60	91
39	76	62	62	62	80	75	65	44	67	65	64	79	72	59	79
40	65	82	72	61	79	75	67	72	68	67	66	80	74	63	93
41	87	82	75	68	70	66	58	70	80	80	80	74	71	66	109
Posición	-1500	-1100	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	79	73	73	72	70	70	69	66	70	71	71	71	73	75	78
Desv. Est.	12	15	11	13	11	8	10	12	8	7	10	10	7	13	14
Varianza	144	214	121	165	115	61	106	133	65	50	98	92	50	182	187
Moda	91	79	75	80	74	75	71	51	66	80	60	69	72	69	85
Pesados	6	7		8	6		6	7	7		8	7		8	8

5.1.2.4 Jueves 3 de mayo del 2007.

Dato	1	2		3	4		5	6	7		8	9		10	11
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	51	103	84	75	67	67	68	65	76	71	68	55	59	68	72
2	74	63	68	71	81	77	68	41	70	69	69	88	82	70	75
3	72	78	78	78	73	69	60	55	51	62	67	50	59	76	79
4	69	84	71	65	96	88	72	58	93	81	75	88	86	83	69
5	73	77	72	69	71	67	59	33	47	64	72	85	83	78	62
6	68	69	59	54	76	73	68	61	92	83	78	84	80	72	58
7	61	78	65	59	89	86	79	66	73	76	77	72	76	85	84
8	67	61	62	62	68	66	62	55	62	64	65	74	71	64	81
9	81	66	67	68	72	71	68	25	66	70	72	71	70	69	58
10	70	77	75	74	76	77	80	48	41	54	60	81	78	73	55
11	74	81	80	79	80	75	66	51	73	76	78	69	71	76	62
12	71	69	66	65	62	64	68	56	51	51	51	53	61	78	63
13	79	78	72	69	82	83	85	57	52	71	80	67	79	104	73
14	85	77	78	79	81	79	76	53	71	56	48	82	73	55	69
15	71	83	84	84	86	78	63	61	74	67	63	69	66	60	77
16	71	80	66	59	54	59	70	76	66	71	73	63	63	63	69
17	80	62	63	63	85	79	67	63	69	78	82	66	64	61	78
18	91	68	83	90	60	63	68	59	70	76	79	69	69	70	72
19	73	65	85	95	81	72	55	63	52	64	70	84	80	72	77
20	66	68	76	80	78	76	71	78	77	87	92	75	70	59	70
21	67	70	81	87	63	70	85	55	66	76	81	58	60	65	61
22	81	76	87	92	73	79	91	64	47	59	65	45	52	66	68
23	85	81	92	97	64	76	99	67	59	60	61	74	73	71	59
24	87	73	80	84	67	66	65	71	61	70	75	70	70	70	69
25	63	68	83	90	71	67	59	76	55	61	64	62	69	84	51
26	91	82	85	86	86	74	49	68	69	71	72	71	71	71	75
27	75	65	83	92	86	77	60	73	46	49	50	72	69	62	63
28	91	72	87	95	61	60	57	65	70	65	63	70	68	65	69
29	70	70	91	101	68	55	30	71	69	69	69	67	66	63	83
30	95	73	86	93	68	64	57	76	76	73	72	40	54	81	83
31	80	74	91	99	84	83	82	63	90	76	69	64	66	69	88
32	89	80	83	84	82	72	53	58	64	67	69	68	70	75	90
33	95	68	83	90	82	81	80	64	66	61	58	85	81	73	75
34	57	84	68	60	84	86	90	55	53	62	67	69	63	50	63
35	85	90	74	66	66	68	73	92	67	62	60	48	56	73	72
36	75	78	71	67	70	77	91	70	48	64	72	85	81	73	74
37	83	85	77	73	83	87	95	61	53	62	67	70	76	88	77
38	111	98	82	74	57	70	96	75	80	61	52	67	66	65	80
39	83	105	88	80	96	93	88	66	68	55	49	71	73	78	60
40	71	68	67	66	65	69	78	69	67	74	77	59	59	59	90
41	94	73	72	72	65	72	86	68	62	69	73	61	65	72	72
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	77	76	77	78	75	74	72	62	65	67	68	69	70	71	71
Desv. Est.	12	10	9	13	10	8	14	12	12	9	10	12	8	10	10
Varianza	139	103	78	162	108	72	210	145	155	73	95	136	70	96	92
Moda	71	68	83	84	81	67	68	55	66	71	72	69	80	73	69
Pesados	5	7		6	12		5	6	6		5	4		2	3

5.1.2.5 Viernes 4 de mayo del 2007.

Dato	1	2		3	4		5	6		7	8		9		10	11
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-550	-500	-350	-150	0	50	250	500	600	1000	1050	1500
1	52	69	65	63	40	50	78	65	46	40	34	68	82	73	72	66
2	66	60	67	71	60	57	47	57	61	62	47	58	63	74	75	56
3	100	62	71	75	88	81	58	61	65	66	78	70	67	73	74	63
4	62	75	61	54	49	54	67	50	65	70	77	74	73	81	82	76
5	70	72	66	63	67	67	67	54	69	74	71	80	83	49	45	72
6	74	78	71	67	79	75	63	59	55	53	80	54	44	70	73	60
7	79	69	72	74	87	77	48	75	95	101	71	60	55	64	65	80
8	88	66	63	62	78	74	62	61	57	56	70	71	71	79	80	84
9	86	85	80	78	69	70	72	73	75	75	71	69	68	50	48	74
10	81	92	84	80	68	63	49	83	72	68	70	71	72	66	65	80
11	87	89	80	76	84	75	46	63	48	43	86	64	55	75	78	67
12	79	77	67	62	67	67	67	67	60	58	69	69	69	93	96	64
13	88	54	67	74	72	69	61	68	57	53	70	67	66	61	60	67
14	65	69	68	68	60	63	71	74	67	64	56	69	74	55	53	72
15	43	72	75	77	77	77	75	49	60	63	76	57	50	86	91	67
16	81	75	63	57	66	67	68	71	68	67	65	72	75	67	66	40
17	72	73	60	54	71	74	81	68	64	62	68	75	78	80	80	72
18	71	66	80	87	64	68	80	62	68	70	72	67	65	67	67	69
19	62	93	83	78	67	69	74	62	64	65	79	75	73	75	75	78
20	66	77	65	59	60	57	48	69	71	71	68	66	65	78	80	71
21	63	84	81	80	71	73	80	61	63	63	68	68	68	68	68	70
22	50	76	79	81	62	60	55	53	59	61	77	69	66	75	76	84
23	67	78	80	81	40	48	73	66	61	59	78	73	71	67	67	86
24	80	69	60	55	67	64	54	62	68	70	50	62	67	74	75	68
25	87	72	90	99	45	48	55	75	70	68	85	81	79	84	85	53
26	75	78	73	70	67	68	69	50	61	64	66	72	74	77	77	61
27	86	90	87	85	73	70	61	52	54	55	76	69	66	80	82	68
28	67	85	69	61	66	67	71	63	63	63	76	79	80	53	50	66
29	63	82	72	67	44	47	54	70	75	76	47	53	55	68	70	73
30	62	67	52	45	45	52	72	61	69	72	50	68	75	75	75	75
31	65	65	67	68	56	59	69	56	62	64	88	67	58	51	50	55
32	68	73	76	77	82	77	60	56	52	51	54	60	62	66	67	60
33	71	62	59	57	88	85	76	55	41	36	64	67	68	69	69	59
34	70	64	69	72	87	85	77	48	50	50	75	69	67	63	63	81
35	83	59	71	77	56	62	81	61	63	63	69	73	75	71	71	50
36	85	63	71	75	76	69	47	59	54	52	62	59	58	77	79	70
37	71	79	88	93	73	74	75	56	46	43	64	56	53	86	90	78
38	79	50	61	67	69	69	67	59	51	48	70	69	68	56	54	63
39	91	66	73	77	79	76	68	66	56	52	54	70	77	85	86	69
40	84	71	80	85	72	72	70	74	64	60	52	58	60	81	84	73
41	71	40	57	66	95	92	84	67	59	56	65	60	58	79	82	89
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-550	-500	-350	-150	0	50	250	500	600	1000	1050	1500
Promedio	73	72	71	71	68	67	66	62	61	61	68	67	67	71	72	69
Desv. Est.	12	11	9	11	14	10	11	8	10	12	12	7	9	11	12	10
Varianza	142	125	82	128	185	110	118	66	92	134	138	46	81	112	146	104
Moda	71	69	80	77	67	67	67	61	68	63	70	69	68	77	75	72
Pesados	7	5		4	7		6	6		4	3		4		4	6

5.1.2.6 Miércoles 9 de mayo del 2007.

Dato	1	2		3		4	5	6		7	8	9	10
Posición	-1500	-1100	-1000	-750	-500	-300	0	300	500	650	1000	1350	1500
1	81	60	54	40	46	50	79	89	75	64	80	83	73
2	74	73	77	87	85	83	62	85	88	91	66	86	74
3	78	81	84	91	62	39	62	70	56	45	72	63	60
4	88	93	90	84	65	49	71	80	66	56	63	86	78
5	60	74	76	82	66	53	79	92	82	75	71	84	65
6	63	75	69	53	64	73	66	69	72	75	46	91	78
7	84	78	73	61	86	106	70	73	70	68	52	63	84
8	72	79	75	66	58	52	77	55	63	69	75	79	58
9	77	78	79	83	95	104	79	68	74	79	67	81	76
10	63	93	92	89	85	81	71	63	76	86	82	91	64
11	80	101	93	74	72	71	77	82	82	82	84	93	69
12	68	79	73	58	69	78	71	63	67	70	61	98	87
13	103	63	71	91	79	69	80	46	51	55	69	55	80
14	83	72	79	98	83	71	65	86	79	73	74	77	69
15	87	78	71	55	66	74	88	60	63	66	64	70	89
16	60	99	92	76	77	78	69	75	74	73	81	87	82
17	75	83	78	66	55	46	75	67	68	68	67	66	60
18	91	56	60	70	89	105	70	69	76	81	77	78	96
19	70	83	80	71	62	55	76	62	76	87	60	73	96
20	81	59	61	65	79	90	75	64	58	53	63	88	72
21	65	68	66	62	76	87	95	74	62	53	65	83	76
22	79	77	77	78	70	63	75	73	83	91	64	53	87
23	74	70	70	69	70	71	47	85	83	82	72	59	85
24	86	78	77	75	66	59	68	60	59	59	57	81	79
25	79	60	67	84	77	72	69	74	62	53	62	67	80
26	85	57	62	76	68	62	63	82	71	63	93	57	60
27	72	80	81	85	84	84	92	68	68	68	58	66	93
28	100	72	75	81	87	92	54	58	52	47	86	85	88
29	84	80	84	94	83	75	64	68	73	77	75	79	80
30	65	63	64	67	70	72	64	71	70	70	60	69	55
31	82	76	74	69	77	84	45	76	74	72	60	92	82
32	68	75	78	84	71	61	48	77	62	50	59	84	76
33	93	75	78	87	75	65	64	54	79	97	76	84	95
34	88	64	69	83	72	63	79	69	64	60	87	76	81
35	95	79	72	53	64	72	64	65	70	73	86	80	87
36	81	55	56	57	87	111	69	60	65	69	69	50	60
37	69	69	72	80	76	72	74	62	76	87	67	79	85
38	76	77	76	72	76	79	94	62	65	67	61	82	97
39	69	65	60	49	64	76	73	48	71	89	73	75	81
40	74	75	84	108	90	75	60	69	66	64	79	61	67
41	74	68	63	52	65	76	61	72	69	66	63	98	91
Posición	-1500	-1100	-1000	-750	-500	-300	0	300	500	650	1000	1350	1500
Promedio	78,0	74,1	74,0	73,8	73,4	73,1	70,3	69,4	69,8	70,1	69,4	76,9	77,9
Desv. Est.	243,7	10,8	9,6	14,8	10,6	16,4	11,3	10,5	8,6	12,9	10,3	12,4	11,5
Varianza	108,6	116,5	91,8	218,3	112,0	269,9	127,7	111,2	73,9	166,6	106,9	153,4	132,9
Moda	74	75	79,43	84	62,1	72	79	69	78,6	68	63	84	60
Pesados	5	6		4		4	3	6		4	5	4	3

5.1.2.7 Jueves 10 de mayo del 2007.

Dato	1	2		3		4	5	6		7	8		9	10
Posición	-1500	-1100	-1000	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	90	52	57	76	73	67	50	74	59	51	75	72	65	69
2	89	72	73	76	78	81	60	74	65	60	74	72	68	76
3	82	62	60	51	54	61	73	67	66	65	79	72	57	93
4	61	67	69	76	78	81	76	50	64	71	72	69	63	50
5	74	62	60	54	61	74	74	67	74	77	78	75	70	65
6	106	69	71	78	84	96	58	67	62	59	76	76	76	54
7	72	75	75	75	81	93	61	53	60	63	65	65	65	66
8	75	85	83	77	86	103	71	57	64	68	68	68	69	65
9	86	50	56	79	77	72	70	70	50	40	63	66	72	54
10	91	66	67	73	77	84	73	66	70	72	50	53	59	57
11	92	77	77	79	75	67	71	69	70	70	57	59	63	70
12	64	66	71	92	89	82	75	79	72	69	70	67	62	85
13	66	67	70	81	81	80	78	60	59	59	65	65	66	85
14	82	68	70	80	79	78	70	62	62	62	55	62	75	54
15	76	71	71	71	78	92	65	52	60	64	64	71	85	60
16	45	59	72	124	110	81	64	72	65	62	77	78	80	64
17	58	66	73	99	86	61	78	71	67	65	69	71	75	73
18	60	80	81	85	77	62	76	64	64	64	75	76	78	54
19	59	71	72	78	77	74	55	76	73	71	65	70	80	78
20	83	90	89	85	77	61	79	75	74	73	78	75	68	58
21	92	85	88	100	89	67	75	87	84	83	72	71	68	72
22	77	80	76	62	61	58	81	68	74	77	78	79	80	60
23	99	74	70	54	62	77	84	83	68	61	73	65	50	66
24	88	87	86	83	81	78	95	83	80	79	75	71	63	69
25	58	77	78	80	81	84	62	89	78	73	81	77	69	50
26	61	56	56	58	68	87	48	101	88	81	48	56	71	76
27	68	79	79	79	80	82	53	89	96	99	57	67	87	108
28	82	76	76	75	80	91	64	78	67	62	52	62	82	91
29	81	82	83	87	84	79	50	89	77	71	61	64	69	100
30	95	69	67	60	66	78	58	88	72	64	59	63	72	99
31	97	67	66	60	65	74	61	84	74	69	52	60	77	95
32	76	86	81	63	69	82	71	95	73	62	57	73	104	68
33	71	99	96	85	70	40	76	54	62	66	54	62	78	61
34	67	63	66	77	73	64	80	57	62	65	61	77	108	68
35	78	89	83	61	64	71	86	74	67	64	67	72	81	78
36	86	85	81	66	68	73	67	49	62	68	63	70	85	74
37	88	55	61	85	80	70	42	65	74	79	61	64	71	72
38	77	57	63	89	79	59	49	75	82	86	66	66	66	75
39	95	80	80	81	77	69	63	73	74	74	62	67	78	85
40	60	79	77	71	72	74	69	50	70	80	69	71	74	70
41	96	79	80	82	76	64	56	74	72	71	79	81	85	98
Posición	-1500	-1100	-1000	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	78,1	72,7	73,5	76,8	76,1	74,9	67,5	71,5	69,7	68,8	66,4	68,8	73,5	72,3
Desv. Est.	14,0	11,3	9,4	13,8	9,7	12,0	11,7	13,0	8,7	9,9	9,1	6,3	11,2	14,9
Varianza	197,0	127,3	88,7	191,0	93,5	144,5	135,8	169,0	76,1	99,0	83,0	39,7	124	221
Moda	82	67	83,4	85	76,7	74	76	74	73,7	71	75	71,7	68	54

5.1.2.8 *Viernes 11 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3		4		5	6	7	8	9		10	11
Posición	-1500	-1100	-1000	-600	-500	-300	0	100	300	400	500	800	1000	1100	1500
1	94	59	65	88	85	78	58	51	64	67	66	77	77	77	88
2	94	68	73	95	91	83	61	53	57	71	74	85	69	61	98
3	85	101	99	89	86	81	69	65	54	72	60	92	74	65	89
4	88	78	75	65	68	73	67	65	69	50	67	50	57	60	98
5	80	51	56	78	76	71	54	48	66	60	56	50	51	52	64
6	69	96	93	83	77	65	55	52	60	49	63	84	77	73	69
7	72	84	81	67	80	107	68	55	61	66	57	68	76	80	73
8	73	68	69	75	78	85	71	66	68	64	60	61	74	80	62
9	54	75	76	79	79	80	77	76	47	74	57	77	80	81	64
10	76	84	84	84	85	87	69	63	64	79	77	77	70	66	49
11	90	93	88	66	76	97	69	59	72	74	60	80	88	92	60
12	94	67	71	87	89	92	59	48	55	81	69	60	58	57	71
13	70	71	72	76	75	73	58	53	71	59	83	63	62	61	73
14	91	89	87	81	83	88	70	64	77	64	67	71	68	67	67
15	90	81	79	73	74	76	66	62	73	80	74	78	71	67	64
16	82	76	81	101	96	85	66	59	63	75	64	83	73	68	73
17	83	82	76	50	62	85	69	63	82	70	69	50	67	75	65
18	80	60	61	67	70	76	53	45	69	67	81	60	73	79	79
19	80	57	58	64	67	73	61	57	67	61	73	63	79	87	93
20	60	71	69	62	65	71	69	68	68	65	69	62	63	63	89
21	67	66	70	84	80	73	73	73	40	68	97	62	76	83	71
22	67	63	68	86	90	97	69	60	85	67	57	63	78	86	58
23	84	50	52	60	70	91	66	58	72	69	72	64	65	66	97
24	90	73	75	84	74	55	62	64	60	66	57	86	80	77	89
25	93	56	60	76	75	72	70	69	69	52	75	85	82	80	74
26	87	75	75	77	72	63	67	68	73	54	80	48	71	83	48
27	99	80	80	80	67	42	48	50	78	55	58	73	84	89	81
28	68	88	86	78	78	77	65	61	68	78	63	70	71	71	94
29	84	56	60	77	77	78	69	66	60	80	67	55	70	78	59
30	81	67	68	73	69	62	59	58	63	47	62	56	81	93	71
31	80	84	84	83	77	66	57	54	51	62	75	69	80	85	66
32	85	81	80	75	73	68	85	90	56	74	63	77	70	67	59
33	78	80	74	50	55	64	54	51	52	75	71	71	78	81	63
34	89	76	72	58	61	66	65	65	67	70	67	66	65	65	63
35	119	81	81	80	74	61	63	63	91	67	49	65	66	67	61
36	66	88	87	84	80	73	67	65	87	64	45	77	70	66	69
37	66	78	77	74	70	63	59	58	53	76	59	67	77	82	70
38	88	86	84	76	64	40	63	71	52	72	66	73	74	74	72
39	67	71	73	82	78	71	72	72	50	77	48	57	74	82	76
40	90	95	92	79	82	87	74	70	61	75	62	55	78	89	78
41	86	101	93	61	71	91	64	55	72	67	70	77	71	68	80
Posición	-1500	-1100	-1000	-600	-500	-300	0	100	300	400	500	800	1000	1100	1500
Promedio	81	76	76	76	76	75	65	61	65	67	66	68	72	74	73
Desv. Est.	12	13	11	11	9	14	7	9	11	9	10	11	8	10	13
Varianza	148	171	115	122	75	189	51	78	122	79	100	127	56	105	169
Moda	80	84	75	84	80	73	69	65	69	67	67	77	77	67	89
Pesados	7	7		6		4		5	3	5	4	2		2	4

5.1.3 Etapa Posterior.

5.1.3.1 *Sábado 5 de mayo del 2007.*

Dato	1	2	3		4	5	6	7	8	9		10
Posición	-1500	-1000	-600	-500	-400	-200	0	200	500	800	1000	1500
1	90	69	82	84	85	67	61	45	74	67	68	71
2	85	68	77	84	91	66	49	74	78	98	93	80
3	92	79	52	48	43	67	64	73	61	67	74	90
4	60	90	81	89	97	82	77	47	71	85	88	97
5	89	85	86	64	42	90	66	63	81	105	94	68
6	87	82	75	70	65	60	74	72	79	69	64	50
7	67	94	96	90	83	72	70	64	76	77	81	90
8	70	60	91	87	82	34	64	61	78	71	79	98
9	74	79	80	78	76	90	69	65	75	77	77	78
10	77	88	66	71	75	85	68	48	78	79	80	84
11	89	94	74	79	84	92	79	62	83	70	71	74
12	95	105	72	82	92	65	66	54	90	74	75	78
13	107	100	70	82	94	40	97	67	94	109	102	85
14	115	89	75	71	66	85	70	65	90	80	77	69
15	76	86	86	86	86	48	63	63	99	90	82	62
16	85	97	95	90	84	77	62	70	78	96	89	70
17	96	68	64	71	78	110	58	60	77	102	98	89
18	70	79	58	71	84	84	74	66	50	84	79	65
19	60	73	93	82	71	69	62	47	68	90	85	73
20	65	77	93	87	81	96	70	82	85	72	76	87
21	75	69	101	103	105	82	75	63	92	79	84	96
22	74	96	100	90	79	76	54	98	86	64	74	98
23	71	79	87	87	87	85	51	87	69	76	72	62
24	80	60	81	87	93	72	72	66	64	53	58	69
25	86	108	87	81	75	86	84	79	68	64	67	74
26	60	93	65	63	60	69	56	75	68	71	73	77
27	65	96	91	78	65	70	66	83	76	95	84	58
28	67	79	80	82	83	81	64	69	59	66	66	66
29	72	85	65	78	91	72	56	80	71	94	89	78
30	80	87	70	80	90	61	69	94	83	79	81	85
31	84	93	130	101	72	91	39	75	85	74	69	57
32	93	96	101	84	66	49	56	78	41	60	63	69
33	97	104	118	105	92	70	61	66	37	68	70	76
34	95	95	86	74	61	77	66	90	81	75	78	86
35	99	101	85	88	90	83	42	63	93	78	75	68
36	89	82	89	85	80	78	74	77	79	69	70	73
37	99	87	93	108	122	85	71	70	74	66	69	77
38	105	70	73	77	80	47	76	63	69	83	83	84
39	93	75	104	83	61	83	82	62	77	69	75	91
40	97	60	74	75	75	58	79	74	88	68	67	66
41	96	67	74	66	58	89	50	52	77	76	84	105
Posición	-1500	-1000	-600	-500	-400	-200	0	200	500	800	1000	1500
Promedio	83,56	84,00	83,41	81,27	79,12	74,22	66,00	68,59	75,66	77,78	77,67	77,39
Desv. Est.	13,92	12,95	15,43	11,57	15,35	15,79	11,39	12,36	13,04	12,75	9,82	12,58
Varianza	193,80	167,65	238,05	133,89	235,61	249,43	129,75	152,85	170,13	162,53	96,49	158,34
Moda	60	79	86	89,5	75	85	66	63	78	69	80,714	78
Pesados	3	1	2		5	2	9	3	7	4		3

5.1.3.2 *Domingo 6 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3		4	5	6		7	8		9	10	
Posición	-1500	-1050	-1000	-600	-500	-300	0	400	500	550	800	1000	1100	1300	1500
1	97	87	84	61	64	69	59	55	55	55	74	65	61	79	97
2	87	68	68	72	81	98	51	71	93	104	56	87	103	71	39
3	77	81	80	74	69	59	63	66	73	76	71	70	70	86	102
4	89	92	91	81	72	55	76	54	67	74	78	87	91	84	77
5	61	92	90	76	68	53	68	69	63	60	62	69	73	90	107
6	86	75	76	81	74	60	37	84	77	73	71	90	99	75	51
7	82	90	88	69	71	75	47	72	67	65	67	93	106	80	54
8	61	83	83	80	77	71	54	70	69	69	76	59	50	74	98
9	110	73	72	63	65	68	72	51	52	53	86	64	53	79	105
10	85	92	90	78	74	65	66	59	58	57	87	71	63	78	93
11	101	141	135	86	84	80	69	45	49	51	61	76	83	79	75
12	94	96	94	79	79	80	70	60	61	62	74	85	90	73	56
13	70	83	81	63	65	70	64	66	61	59	77	88	94	81	68
14	75	69	67	51	60	78	57	59	70	75	54	71	80	83	86
15	92	74	73	67	73	85	65	69	60	55	66	81	88	86	84
16	65	84	85	93	85	70	62	84	71	64	70	75	77	92	107
17	84	87	84	57	57	57	65	94	75	65	73	90	98	72	46
18	73	72	73	78	71	58	63	50	63	70	78	76	75	68	61
19	52	74	74	73	70	63	64	68	81	87	76	69	66	71	76
20	89	80	78	61	63	67	60	53	56	57	62	86	98	64	30
21	65	78	78	79	79	80	64	52	63	69	92	88	86	80	74
22	91	67	67	66	69	75	50	49	60	66	73	84	90	82	74
23	70	64	65	73	75	79	61	61	54	51	87	91	93	80	67
24	75	76	75	68	76	92	67	58	44	37	73	66	62	81	100
25	73	72	71	66	71	82	57	56	62	65	80	91	97	83	69
26	68	77	75	59	60	62	78	59	58	57	76	66	61	72	83
27	68	87	87	86	81	70	84	64	65	65	73	75	76	79	82
28	75	85	85	85	83	80	72	68	63	60	82	70	64	83	102
29	91	66	69	92	91	88	77	58	58	58	67	66	65	66	67
30	73	59	60	70	68	65	70	64	60	58	73	72	71	79	87
31	43	70	70	68	74	87	58	52	45	42	89	75	68	75	82
32	96	86	86	83	87	95	76	60	66	69	84	78	75	79	83
33	109	84	82	65	73	90	65	70	73	74	92	77	69	78	87
34	97	82	80	66	67	68	47	92	66	53	55	50	48	46	44
35	66	91	88	61	67	79	53	51	72	83	72	87	95	66	37
36	81	72	72	73	73	74	74	40	65	77	87	87	87	69	51
37	76	88	88	88	77	55	60	55	52	51	81	76	73	75	77
38	79	72	71	64	64	64	63	93	80	73	79	77	76	81	86
39	84	81	80	69	69	68	43	80	80	80	67	60	57	86	115
40	93	77	77	78	74	67	59	71	76	78	75	66	61	91	121
41	100	85	85	85	80	70	71	86	86	86	80	73	70	97	124
Posición	-1500	-1050	-1000	-600	-500	-300	0	400	500	550	800	1000	1100	1300	1500
Promedio	81	81	80	73	73	72	63	64	65	65	75	76	77	78	79
Desv. Est.	15	13	12	10	8	11	10	13	11	13	10	10	15	9	23
Varianza	218	171	144	101	59	131	99	175	112	167	92	107	238	79	543
Moda	75	72	85	61	81	80	63	59	73	65	73	66	61	79	102
Pesados	3	2		1		4	0	3		1	2		3	1	

5.1.3.3 *Lunes 7 de mayo del 2007.*

Dato	1		2		3		4	5	6	7		8	9		10	
Posición	-1600	-1500	-1150	-1000	-900	-500	-350	0	150	300	500	600	900	1000	1300	1500
1	72	68	55	63	69	80	84	87	51	40	43	44	56	65	90	107
2	64	66	72	83	90	86	84	57	59	72	62	57	76	76	77	78
3	65	64	62	61	61	81	88	60	78	69	69	69	59	66	86	100
4	57	62	79	71	66	76	80	37	59	48	73	86	85	84	80	78
5	82	82	84	73	65	47	40	82	74	61	79	88	75	73	65	60
6	45	54	87	72	62	73	77	72	73	49	63	70	85	81	70	63
7	63	67	80	72	67	67	67	49	43	52	67	74	101	100	95	92
8	70	66	50	60	66	69	70	54	72	64	70	73	85	77	52	36
9	91	92	95	78	67	79	83	57	43	82	77	75	78	76	69	65
10	64	66	72	70	69	65	64	55	54	57	71	78	89	86	75	68
11	92	92	93	80	72	79	81	70	74	55	75	85	83	87	99	107
12	75	75	75	76	77	89	94	58	67	85	78	74	70	77	96	109
13	45	46	50	66	77	77	77	66	52	75	76	76	72	74	81	86
14	71	72	77	72	69	69	69	77	61	40	65	78	74	78	91	100
15	72	65	40	61	75	57	50	68	57	42	61	70	87	80	58	44
16	81	81	82	89	93	58	45	54	59	45	46	47	92	84	59	43
17	60	60	62	84	98	73	64	61	63	55	60	63	64	66	73	78
18	79	75	61	56	53	58	60	66	73	67	78	83	71	73	77	80
19	73	73	72	79	83	66	60	66	73	72	71	70	74	70	56	47
20	62	66	80	80	80	65	60	54	68	70	76	79	70	77	97	111
21	89	83	62	61	60	56	55	76	74	76	69	65	82	81	78	76
22	86	84	76	69	65	64	64	68	74	78	85	89	48	56	81	98
23	69	68	66	59	55	71	77	73	56	50	77	91	45	55	85	105
24	79	79	79	78	78	68	64	68	62	77	72	69	53	55	62	67
25	77	77	76	86	92	77	71	79	69	46	62	70	60	61	63	65
26	66	70	82	72	65	50	44	65	82	83	76	72	62	64	68	71
27	87	83	68	73	77	68	64	66	74	64	58	55	70	70	69	69
28	79	78	73	87	96	69	59	77	95	73	78	81	66	70	82	90
29	75	75	73	82	88	82	80	57	74	64	79	86	76	75	71	69
30	78	80	85	76	70	74	75	70	81	62	75	81	79	76	66	60
31	49	50	52	73	87	64	55	75	82	80	79	78	72	72	71	71
32	64	62	54	46	40	50	54	54	74	89	84	82	93	88	73	63
33	62	67	85	79	75	70	68	66	83	86	77	73	71	70	68	67
34	60	59	57	73	83	76	73	60	74	85	79	76	77	76	71	68
35	69	67	58	53	50	68	75	65	68	59	56	54	49	55	72	84
36	81	78	68	80	88	78	74	69	75	84	69	62	52	58	77	90
37	63	63	63	70	74	75	75	75	63	61	59	58	76	76	76	76
38	68	72	86	94	100	61	47	71	79	67	69	70	78	75	66	60
39	84	81	69	78	84	70	65	75	73	96	85	79	73	72	69	67
40	95	89	70	96	114	91	82	71	45	95	66	51	70	76	93	105
41	75	74	71	79	84	74	70	68	72	92	82	77	68	71	79	85
Posición	-1600	-1500	-1150	-1000	-900	-500	-350	0	150	300	500	600	900	1000	1300	1500
Promedio	72	71	71	73	75	70	68	66	68	67	71	72	72	73	75	77
Desv. Est.	12	11	13	11	15	10	13	10	12	16	10	11	13	10	12	19
Varianza	145	110	158	116	221	102	162	97	134	248	95	132	163	94	135	372
Moda	64	66	72	73	69	#N/A	64	66	74	64	77	70	70	76	77	78
Pesados	7		7		7		9	7	5	5			4		4	

5.1.3.4 *Martes 8 de mayo del 2007.*

Dato	1		2		3		4	5		6	7		8		9	10	
Posición	-1550	-1500	-1100	-1000	-700	-500	-350	-50	0	100	400	500	700	1000	1100	1400	1500
1	85	82	60	70	98	84	74	81	78	72	82	71	50	69	75	80	82
2	89	87	71	71	71	64	59	77	77	76	77	76	73	72	72	92	99
3	94	93	83	81	75	58	45	66	71	80	65	67	72	58	53	70	76
4	99	97	78	77	74	72	71	70	70	71	63	55	40	65	73	73	73
5	94	94	93	93	94	75	60	77	76	75	76	64	40	45	46	65	71
6	71	74	101	96	79	72	67	89	79	59	57	61	69	80	83	61	54
7	54	58	91	90	88	93	97	93	84	67	77	80	85	77	74	55	49
8	59	62	86	84	76	74	72	79	78	77	61	63	67	86	92	64	55
9	68	67	57	66	92	87	84	68	73	82	65	60	50	47	46	55	58
10	79	81	93	94	96	69	48	79	78	76	56	55	54	79	87	78	75
11	85	85	83	84	85	86	86	75	79	86	47	47	48	67	73	48	40
12	82	82	81	77	63	60	58	97	90	76	69	72	79	78	77	78	78
13	86	86	85	86	89	74	63	94	91	85	78	76	73	75	75	61	56
14	79	78	69	75	93	81	72	62	69	84	40	45	55	71	76	74	73
15	82	81	72	74	80	78	76	68	71	76	60	64	73	83	86	79	77
16	93	92	83	88	104	83	68	70	74	83	54	52	48	52	53	56	57
17	56	57	63	72	100	93	87	78	76	71	73	71	67	70	71	72	72
18	86	81	42	47	62	60	59	80	78	74	67	64	58	75	80	62	56
19	69	66	44	56	90	72	59	78	82	89	60	61	63	54	51	82	92
20	88	84	51	62	95	76	61	83	87	94	66	68	72	80	83	69	64
21	86	85	79	82	90	75	64	60	60	61	65	66	69	80	84	75	72
22	89	85	54	61	80	74	69	61	57	48	56	66	87	94	96	75	68
23	102	96	51	60	85	83	81	88	87	84	63	68	78	76	75	71	70
24	81	81	83	86	95	85	77	97	95	90	78	75	69	76	78	61	55
25	91	87	55	62	81	78	75	58	65	78	69	75	86	82	81	109	118
26	79	77	61	66	80	76	73	64	67	74	72	71	70	69	69	106	118
27	100	97	71	68	60	58	57	77	80	85	60	60	60	66	68	74	76
28	95	93	78	81	89	72	60	81	83	88	79	73	62	71	74	77	78
29	116	113	85	84	82	66	54	82	80	75	60	71	92	78	73	81	84
30	96	94	77	79	83	79	76	85	77	62	74	76	80	85	86	74	70
31	101	99	81	76	60	73	83	84	80	73	68	70	75	52	44	69	77
32	87	84	61	68	88	90	91	62	69	82	79	78	77	70	67	98	108
33	78	80	93	89	77	67	59	80	75	65	73	81	97	78	71	61	58
34	82	84	102	92	63	67	70	89	76	50	78	69	52	57	59	50	47
35	79	81	97	89	66	71	75	50	59	77	56	58	62	52	48	54	56
36	74	74	74	75	79	76	74	73	78	89	65	76	98	87	83	63	56
37	95	95	93	90	81	76	73	53	59	71	63	65	68	58	54	93	106
38	86	86	86	84	76	73	70	60	66	78	73	74	75	86	89	78	74
39	68	68	68	68	68	66	65	76	77	79	79	73	61	74	78	95	101
40	76	77	86	82	70	64	59	84	77	63	66	73	87	60	51	86	98
41	78	78	80	78	72	87	98	90	83	68	77	73	66	70	71	80	83
Posición	-1550	-1500	-1100	-1000	-700	-500	-350	-50	0	100	400	500	700	1000	1100	1400	1500
Promedio	84	83	76	77	81	75	70	76	76	75	67	67	68	71	71	73	74
Desv. Est.	13	11	16	12	12	9	12	12	9	10	10	9	14	12	14	14	19
Varianza	162	131	241	134	135	82	148	142	75	106	91	72	206	141	188	206	365
Moda	79	87	83	84	80	72	59	77	78	76	65	71	73	78	75	61	56
Pesados	5		6		4		8	3		2	4		9		9	3	

5.1.3.5 *Sábado 12 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3	4	5	6		7	8		9	10
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-500	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	87	67	78	83	72	69	93	82	76	65	65	66	80
2	88	73	84	90	65	77	105	82	71	72	70	65	60
3	81	64	65	65	94	68	68	75	79	83	80	74	66
4	71	82	69	62	76	81	65	74	79	54	61	74	88
5	99	78	83	85	78	83	89	77	71	74	74	75	94
6	93	74	77	79	82	73	83	78	75	73	74	76	86
7	69	86	80	77	86	80	48	64	72	80	81	83	92
8	86	76	87	92	58	87	67	67	67	55	65	86	81
9	67	88	86	85	105	89	77	72	70	82	78	69	71
10	96	74	68	65	114	88	80	63	54	65	68	74	85
11	59	64	73	77	60	94	74	68	65	74	75	76	64
12	86	81	81	81	74	96	91	78	72	54	62	78	90
13	96	66	77	82	78	50	76	71	68	104	95	76	59
14	101	81	82	82	68	59	83	76	72	65	70	80	72
15	104	85	92	96	90	58	73	72	71	87	79	64	69
16	86	74	71	70	97	94	80	73	69	84	81	74	76
17	87	95	81	74	67	68	87	62	50	82	76	64	65
18	83	77	80	82	89	87	80	77	76	73	72	69	58
19	67	90	81	77	91	90	83	62	51	85	76	59	64
20	77	73	82	86	99	72	81	67	60	77	73	64	68
21	67	77	87	92	71	49	63	74	79	72	72	71	54
22	93	77	86	91	101	82	67	67	67	75	73	68	78
23	90	96	81	74	72	57	53	63	68	79	79	80	65
24	83	73	76	77	74	77	64	73	78	82	78	71	48
25	84	75	74	74	76	62	75	71	69	86	80	69	75
26	75	65	73	77	79	63	78	73	70	79	76	71	63
27	102	68	84	92	87	96	60	77	85	74	72	67	63
28	86	79	67	61	89	64	67	70	71	89	82	69	61
29	89	81	71	66	79	78	63	60	58	71	72	73	67
30	68	87	72	64	60	83	85	70	63	85	77	62	78
31	105	71	76	79	63	79	77	80	82	74	68	56	75
32	84	71	78	82	42	38	93	89	87	74	69	59	69
33	80	66	61	58	81	59	98	75	63	56	59	66	69
34	85	74	70	68	72	77	78	69	65	66	68	73	73
35	95	73	74	74	57	50	64	71	75	71	66	55	66
36	86	86	83	81	81	51	72	78	81	76	73	66	75
37	92	85	86	87	95	86	92	76	68	57	58	59	71
38	88	82	78	76	94	82	55	62	66	87	80	66	74
39	72	93	80	74	96	68	97	82	75	61	63	67	94
40	67	74	77	78	75	59	83	78	76	75	76	78	98
41	67	74	77	79	82	80	90	79	73	54	62	77	69
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-500	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	83,9	77,4	77,7	77,9	79,7	73,2	77,0	72,6	70,4	73,9	72,6	70,0	72,5
Desv. Est.	11,7	8,4	6,8	9,3	14,8	14,8	13,0	6,6	8,3	11,2	7,5	7,2	11,5
Varianza	136,7	70,4	46,1	86,3	217,9	217,7	168,1	44,1	68,6	125,0	55,7	52,3	133
Moda	86	74	82,67	77	72	77	83	67	71	74	71,7	66	69

5.1.3.6 *Domingo 13 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3		4	5	6		7	8		9	10
Posición	-1500	-1100	-1000	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	80	67	69	79	88	105	84	71	76	79	63	78	109	70
2	78	75	76	82	92	112	76	82	85	86	94	92	89	66
3	67	84	82	75	78	84	81	77	83	86	70	74	82	69
4	82	84	83	80	79	78	76	60	80	90	76	80	87	98
5	61	107	101	79	75	68	84	80	81	82	69	72	77	77
6	85	92	91	87	83	74	84	76	71	68	77	84	97	79
7	68	107	99	67	73	85	86	89	79	74	79	74	64	93
8	78	82	82	82	85	91	60	87	96	100	79	76	70	60
9	83	72	74	83	82	80	76	75	74	74	93	88	77	63
10	69	98	95	81	78	71	78	61	72	78	96	87	69	91
11	109	62	66	84	80	71	87	72	59	53	89	86	79	69
12	78	92	93	98	101	108	87	72	80	84	94	91	86	67
13	68	104	102	92	89	84	87	62	60	59	80	78	75	69
14	71	85	84	78	75	69	67	93	82	76	72	69	64	74
15	81	93	88	69	71	75	107	79	82	83	93	90	85	75
16	79	79	80	84	82	79	100	57	52	50	90	87	80	82
17	67	69	72	82	83	84	90	66	71	73	79	71	54	72
18	73	80	82	89	85	76	77	74	73	73	78	79	80	75
19	75	75	80	98	92	80	75	78	77	76	82	87	97	106
20	77	74	74	76	75	72	55	80	73	69	97	91	79	91
21	75	83	81	74	76	80	93	82	69	63	79	87	103	77
22	64	71	71	70	72	77	75	74	81	85	90	86	79	87
23	74	77	77	76	75	73	56	89	74	67	76	74	70	88
24	84	101	94	65	68	75	90	70	75	78	79	81	85	63
25	93	85	84	82	81	78	96	77	74	73	87	86	83	80
26	72	78	79	84	84	85	70	102	91	86	89	78	56	84
27	97	69	67	58	71	97	92	84	86	87	101	87	59	72
28	54	92	87	66	70	79	64	70	78	82	65	65	65	65
29	69	97	93	76	80	87	68	79	79	79	81	77	70	82
30	96	74	76	83	85	90	44	74	78	80	71	81	101	81
31	102	79	78	72	70	67	95	89	80	75	69	75	87	91
32	93	80	80	81	88	103	76	76	76	76	103	89	62	88
33	75	192	170	84	85	87	76	72	77	79	74	71	66	68
34	91	97	93	79	76	69	93	76	89	96	85	77	60	71
35	99	96	94	86	77	60	77	83	83	83	56	61	71	68
36	72	67	69	79	75	66	80	88	75	68	63	61	58	71
37	94	94	94	95	94	91	69	90	81	76	81	88	101	90
38	64	76	78	84	79	68	86	66	76	81	67	66	65	61
39	62	69	69	68	76	91	90	87	72	64	57	66	85	83
40	72	89	81	48	62	91	94	86	69	61	96	90	77	92
41	81	78	80	88	83	73	89	66	67	68	81	85	92	84
Posición	-1500	-1100	-1000	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	78	86	85	79	80	81	80	77	77	76	80	80	78	78
Desv. Est.	12	21	17	10	8	12	13	10	8	10	12	9	14	11
Varianza	151	425	280	99	60	143	169	95	66	109	140	75	193	122
Moda	78	92	69	84	92	91	76	76	74	76	79	87	77	69
Pesados	4	0		5		3	3	2		3	1		1	4

5.1.3.7 *Lunes 14 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3		4	5	6		7	8		9	10
Posición	-1500	-1200	-1000	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	76	70	76	89	76	50	88	74	66	62	75	73	69	80
2	51	83	87	94	88	75	77	90	81	77	77	77	77	65
3	85	96	97	99	90	73	92	76	87	92	84	82	77	41
4	90	86	89	94	92	88	77	75	79	81	68	62	50	84
5	76	95	86	69	74	83	87	72	67	64	75	72	66	54
6	83	76	78	81	82	85	83	78	75	74	57	65	82	60
7	78	90	88	84	78	67	74	85	76	71	67	75	92	75
8	60	95	85	66	67	68	84	71	68	66	81	72	55	78
9	67	96	85	63	62	60	92	75	73	72	64	76	100	70
10	65	92	86	75	70	60	69	96	73	62	49	53	61	70
11	67	91	77	50	60	79	67	99	80	70	76	77	78	83
12	76	50	62	85	85	84	85	74	72	71	95	87	71	79
13	79	77	74	68	77	94	82	87	82	79	96	87	69	50
14	92	60	57	50	56	69	60	79	72	68	108	94	67	71
15	83	69	76	90	85	74	68	83	86	88	85	88	93	63
16	63	89	85	76	71	60	88	85	88	90	70	74	81	82
17	77	80	84	93	85	68	64	91	89	88	78	82	89	73
18	85	89	89	89	88	87	70	85	75	70	74	74	73	76
19	52	90	89	88	89	91	92	60	57	55	81	80	79	74
20	92	78	81	87	78	60	61	83	70	64	66	61	50	80
21	91	85	87	90	89	86	120	85	82	81	74	72	68	81
22	108	92	88	79	78	75	100	83	75	71	73	72	70	57
23	94	67	71	79	81	85	76	86	91	93	69	70	71	85
24	93	71	75	82	83	85	80	67	56	50	73	70	64	81
25	89	75	75	76	76	75	68	80	84	86	74	73	71	50
26	130	77	76	73	78	87	76	82	99	108	72	75	82	57
27	80	98	97	94	84	63	68	72	68	66	77	75	72	79
28	83	69	78	96	92	85	64	64	70	73	62	65	70	88
29	95	88	88	89	88	85	90	86	79	75	61	67	79	74
30	84	93	90	83	79	70	57	64	66	67	78	72	60	78
31	97	94	89	80	75	64	105	67	64	62	71	71	70	63
32	92	81	73	57	59	62	68	89	65	53	70	67	62	68
33	96	84	79	69	73	81	76	66	66	66	66	66	67	70
34	72	95	89	77	80	86	78	70	57	50	81	82	83	50
35	82	75	75	74	72	68	68	75	60	52	78	82	90	76
36	97	85	85	84	78	67	71	77	68	64	60	62	66	90
37	94	93	92	89	85	76	77	70	66	64	64	64	64	71
38	79	96	94	91	87	80	80	72	64	60	88	79	60	71
39	73	76	83	96	89	76	86	76	79	81	78	72	60	50
40	92	73	70	64	68	77	66	63	78	86	64	73	91	71
41	82	85	87	90	84	72	80	73	70	69	66	66	65	70
Promedio	82,9	83,0	82,2	80,5	78,7	75,1	78,4	77,7	73,7	71,7	73,8	73,3	72,3	70,4
Desv. Est.	14,6	11,1	8,7	12,4	9,3	10,4	12,9	9,2	10,0	12,8	11,0	8,2	11,7	11,8
Varianza	214,6	123,6	75,9	154	86,4	109	166	85,0	99,4	164	120	67,7	136	140
Moda	92	96	86,67	89	84,7	85	68	85	66	64	78	72	71	70
Pesados	1	3		4		5	5	7		4	4		3	4

5.1.3.8 *Martes 15 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3		4	5	6		7	8		9	10
Posición	-1500	-1200	-1000	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	82	87	87	88	82	71	61	64	67	69	65	67	70	78
2	79	88	83	74	66	50	66	60	67	71	64	69	78	84
3	97	66	69	76	73	66	69	61	79	88	70	74	81	77
4	72	92	82	62	66	75	72	70	76	79	78	84	96	75
5	95	86	86	87	85	81	74	68	77	82	60	61	62	81
6	74	101	92	74	80	93	60	60	74	81	72	70	66	56
7	79	77	74	68	66	61	86	66	55	50	70	73	80	82
8	94	56	58	61	64	69	89	67	77	82	50	54	63	59
9	72	66	71	82	75	60	78	60	71	76	79	78	75	89
10	62	81	86	96	94	91	89	75	74	73	67	72	82	71
11	89	70	80	100	85	54	80	81	80	80	101	87	60	60
12	97	66	76	96	90	78	65	78	71	67	86	78	63	76
13	95	82	78	69	75	87	87	80	76	74	92	84	67	74
14	61	85	83	79	82	88	66	58	72	79	72	67	56	72
15	79	89	86	80	73	60	55	68	72	74	76	72	64	68
16	68	67	68	70	73	79	76	70	71	72	59	62	69	49
17	78	78	77	76	73	66	72	78	80	81	68	67	65	76
18	80	93	87	76	74	69	73	82	73	69	77	74	68	46
19	77	70	69	68	71	78	78	89	63	50	67	69	74	77
20	97	75	77	81	79	76	70	48	66	75	83	83	82	80
21	82	69	65	56	62	73	75	78	81	82	84	82	79	76
22	70	68	70	73	71	68	78	50	70	80	72	77	86	62
23	90	71	79	94	90	83	87	72	78	81	75	73	69	61
24	62	66	78	102	95	81	77	87	77	72	63	65	68	68
25	60	69	68	67	67	66	76	78	72	69	87	81	69	74
26	72	70	73	79	75	68	80	71	78	82	66	70	77	81
27	89	66	68	73	73	74	90	74	84	89	66	71	80	72
28	94	75	67	52	61	78	102	76	68	64	67	72	83	64
29	88	90	89	86	78	62	89	68	73	76	86	89	96	69
30	92	95	92	85	83	79	94	72	77	80	84	84	84	76
31	75	93	87	74	75	77	63	63	74	79	93	91	88	58
32	96	85	86	87	81	70	67	76	80	82	95	86	68	60
33	74	92	90	85	82	76	65	90	82	78	73	76	81	62
34	67	93	92	90	87	81	75	81	84	86	64	64	64	66
35	77	118	101	67	68	71	65	93	92	92	85	78	65	71
36	89	63	68	78	79	80	92	84	81	80	82	77	67	76
37	92	117	103	76	78	83	71	64	76	82	75	72	66	78
38	95	98	89	72	72	72	75	75	83	87	71	72	75	60
39	89	76	76	77	76	74	81	81	76	73	77	77	78	60
40	101	97	85	60	70	89	70	79	78	77	89	88	87	72
41	86	77	83	95	90	80	74	60	71	76	85	78	63	55
Posición	-1500	-1200	-1000	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	82,1	81,0	80,0	77,8	76,6	74,1	75,9	72,1	75,1	76,6	75,5	74,8	73,5	69,5
Desv. Est.	11,6	14,2	10,0	11,9	8,6	9,7	10,4	10,4	6,5	8,6	11,0	8,3	9,8	9,9
Varianza	135,1	202,4	100,6	140,4	74,7	94,3	107,6	108,9	42,7	74,3	121,6	69,4	95,7	97,1
Moda	89	66	87,33	76	72,7	66	89	60	76	82	72	72	63	76
Pesados	1	3		4		5	5	7		4	4		3	4

5.1.3.9 *Miércoles 16 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3		4	5	6		7	8		9	10
Posición	-1500	-1200	-1000	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	62	105	97	82	80	76	74	95	80	73	90	84	71	72
2	70	62	70	86	83	78	81	69	56	50	77	75	72	69
3	82	98	95	88	82	71	82	70	65	63	79	75	66	83
4	75	41	56	87	79	64	88	73	71	70	56	62	74	95
5	79	97	94	89	90	93	76	70	71	71	85	86	89	63
6	77	80	81	84	74	55	88	74	58	50	84	79	69	87
7	66	82	79	73	69	60	86	81	77	75	63	67	74	64
8	69	74	72	69	70	72	53	75	78	80	57	58	60	95
9	50	75	74	72	75	82	81	80	71	67	63	66	73	79
10	85	91	86	77	84	98	55	76	79	81	62	62	61	70
11	63	94	95	98	91	76	98	78	81	82	63	64	67	80
12	81	86	83	77	80	85	63	60	69	74	71	71	70	84
13	89	61	67	80	82	87	72	58	70	76	77	68	50	61
14	72	64	71	84	82	78	69	77	84	87	67	69	74	80
15	80	65	69	78	81	86	77	88	85	83	83	81	78	85
16	61	66	64	60	64	71	85	81	80	79	81	83	88	76
17	59	81	76	67	66	63	88	77	79	80	86	81	70	77
18	65	69	73	82	75	62	88	50	61	66	76	77	78	66
19	82	69	75	88	83	72	72	50	64	71	72	71	70	78
20	87	103	96	83	78	67	95	79	84	87	77	73	66	100
21	77	67	65	61	59	56	76	80	69	64	79	75	66	79
22	78	67	71	78	75	69	50	86	77	73	81	83	88	74
23	81	87	78	61	64	70	79	101	83	74	75	77	82	77
24	88	76	72	63	71	86	60	97	73	61	71	76	87	80
25	66	79	79	79	83	91	60	50	69	79	77	82	92	59
26	74	83	82	80	78	75	75	60	63	65	50	55	66	67
27	86	84	75	56	64	80	71	84	69	62	58	62	69	75
28	80	78	76	71	75	83	82	60	63	64	61	65	74	74
29	73	79	86	101	95	84	72	68	75	78	67	70	77	66
30	69	94	84	63	68	77	74	57	64	68	68	73	83	80
31	85	70	73	79	80	82	58	104	77	63	72	70	66	87
32	70	77	84	98	88	68	80	80	63	55	75	70	60	82
33	80	73	77	86	84	81	95	66	68	69	73	71	66	80
34	86	77	76	74	77	84	88	81	70	64	70	73	80	69
35	75	81	78	73	73	72	98	84	69	62	63	62	60	82
36	76	90	91	92	88	81	84	66	76	81	67	67	67	76
37	45	88	85	78	78	78	77	68	65	63	63	66	72	74
38	89	101	93	77	72	62	80	86	79	75	69	73	82	89
39	56	76	74	69	68	67	78	75	68	64	94	79	50	56
40	87	78	80	83	79	70	77	78	67	62	73	72	70	61
41	71	99	91	76	81	90	70	91	76	68	84	76	60	77
Posición	-1500	-1200	-1000	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	74	80	79	78	77	76	77	75	72	70	72	72	72	76
Desv. Est.	11	13	10	11	8	10	12	13	7	9	10	7	10	10
Varianza	115	177	94	112	66	104	140	174	55	84	97	56	97	99
Moda	80	94	79	77	80	78	88	81	69	64	63	73	66	80
Pesados	7	3		7		3	7	6		4	5		4	3

5.1.3.10 *Jueves 17 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3	4		5	6	7		8	9		10	11
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	86	69	83	90	87	78	61	65	51	80	95	66	67	70	82
2	82	88	79	75	95	85	64	66	68	72	74	90	83	70	81
3	79	81	73	69	81	82	84	65	71	70	70	83	79	70	70
4	86	93	77	69	50	65	96	62	67	72	75	93	86	73	61
5	86	79	76	74	81	81	81	82	64	76	82	64	69	80	80
6	82	81	86	89	91	98	113	100	63	76	82	85	85	84	84
7	79	83	87	89	64	69	80	96	69	87	96	73	74	76	78
8	86	60	82	93	81	80	79	75	50	70	80	84	82	78	97
9	77	82	76	73	85	83	78	69	68	62	59	92	102	122	88
10	81	85	74	69	85	81	72	78	73	75	76	88	82	70	117
11	86	81	83	84	77	77	76	90	78	83	85	86	91	101	83
12	69	73	72	72	83	76	62	92	46	73	86	76	74	69	72
13	78	71	89	98	88	87	84	69	60	73	79	79	69	48	73
14	77	41	63	74	71	68	61	64	75	77	78	82	78	69	85
15	83	72	75	77	77	77	77	77	97	86	80	84	81	75	62
16	68	74	83	88	84	66	30	78	81	74	70	74	76	80	66
17	78	86	89	91	108	101	88	83	107	90	82	79	85	98	73
18	57	87	86	86	66	62	55	85	92	73	64	80	70	50	65
19	75	91	72	63	103	95	79	70	82	73	69	85	79	66	94
20	75	64	74	79	80	77	71	68	76	72	70	88	76	52	90
21	76	84	82	81	87	82	73	64	71	65	62	53	62	81	94
22	78	80	90	95	96	89	76	67	74	84	89	79	70	51	63
23	67	79	94	101	92	87	77	82	86	91	93	76	77	80	75
24	79	71	88	96	73	69	61	86	92	77	70	83	71	48	64
25	79	88	95	99	94	94	95	86	78	83	86	86	85	82	79
26	87	93	76	68	76	84	101	62	66	69	71	87	81	70	87
27	86	88	81	77	62	66	73	78	73	80	84	92	85	71	88
28	67	93	86	83	60	61	64	73	90	79	73	64	68	75	69
29	85	94	90	88	65	78	103	80	107	82	69	72	74	78	63
30	81	66	83	91	73	73	72	89	95	88	84	72	67	56	81
31	82	71	82	87	80	81	84	87	80	81	82	77	71	58	74
32	76	84	83	82	79	78	77	71	71	60	55	60	69	87	71
33	72	96	76	66	68	76	92	77	80	87	91	81	74	61	71
34	87	50	63	69	76	82	95	54	69	86	95	85	78	63	68
35	87	53	67	74	82	80	75	73	71	85	92	88	82	69	83
36	90	77	78	78	83	78	67	75	80	91	97	78	77	76	75
37	47	75	70	68	86	83	76	50	82	65	57	74	74	73	64
38	88	80	62	53	65	65	65	67	96	71	58	94	87	74	73
39	84	66	68	69	81	82	83	88	70	71	71	50	64	92	73
40	64	97	83	76	80	79	76	86	97	81	73	69	71	74	67
41	95	83	86	87	61	66	77	62	80	65	58	81	81	81	62
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	79	78	80	80	79	79	77	75	77	77	77	79	77	73	77
Desv. Est.	9	13	8	11	12	9	15	11	14	8	12	10	8	15	12
Varianza	85	159	69	124	145	90	213	129	196	66	136	107	64	213	138
Moda	86	88	83	69	81	78	76	62	71	80	70	85	79	70	73
Pesados	7	3		7	3		7	6	4		5	4		3	

5.1.3.11 *Viernes 18 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3	4		5	6	7		8	9		10	11
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	96	100	75	62	75	82	95	60	73	74	75	52	57	66	90
2	85	91	78	71	75	79	87	67	67	74	77	67	68	69	97
3	89	73	80	84	97	94	88	68	75	78	79	75	80	89	75
4	100	91	84	80	66	70	78	71	80	80	80	62	67	76	132
5	66	99	88	83	87	79	64	75	75	90	98	69	66	61	99
6	81	95	83	77	75	74	72	63	82	71	65	79	83	92	80
7	66	90	89	89	78	79	82	76	86	73	66	50	56	69	63
8	68	81	75	72	77	80	87	74	40	53	60	65	67	72	70
9	91	82	79	77	59	70	93	60	58	72	79	65	68	75	83
10	85	80	76	74	96	89	74	72	70	78	82	60	67	80	82
11	75	83	82	81	93	80	55	77	72	76	78	69	79	98	93
12	101	77	86	90	93	85	70	77	81	81	81	68	73	83	51
13	107	83	79	77	81	83	86	81	76	81	84	59	68	85	67
14	76	88	79	74	86	86	87	69	89	86	85	66	72	84	79
15	82	91	90	90	81	81	82	79	67	67	67	75	77	80	65
16	90	79	69	64	89	89	88	68	60	59	59	84	88	96	72
17	71	86	74	68	80	80	80	52	77	68	64	68	70	74	81
18	78	93	88	85	80	84	92	50	80	68	62	68	71	77	67
19	89	71	81	86	77	78	80	80	69	67	66	69	73	82	91
20	93	73	79	82	52	53	54	74	75	76	77	57	67	86	68
21	71	66	75	79	75	72	67	62	76	62	55	79	85	98	64
22	100	78	80	81	57	66	83	71	81	69	63	82	83	85	68
23	75	77	80	82	53	67	96	76	85	66	57	60	70	90	73
24	95	92	89	87	62	72	91	83	89	96	100	70	77	90	87
25	98	86	95	99	67	76	94	78	85	98	105	62	62	61	64
26	95	80	82	83	74	78	87	72	67	72	74	68	65	59	83
27	93	79	81	82	67	75	92	65	77	77	77	69	70	72	86
28	50	71	82	88	94	90	82	69	74	80	83	80	75	65	71
29	103	75	92	100	90	92	96	76	67	78	83	60	62	67	67
30	68	93	101	105	82	83	86	74	81	68	62	63	65	69	74
31	75	79	110	126	84	73	51	78	76	82	85	71	70	68	48
32	71	75	78	80	58	66	83	62	81	83	84	76	75	73	84
33	79	96	89	85	68	74	86	84	74	77	78	82	71	50	88
34	86	99	93	90	89	86	81	78	75	76	76	90	88	85	88
35	103	97	88	84	79	81	86	62	75	76	77	71	69	64	70
36	105	61	70	75	74	72	69	84	78	67	62	86	81	72	72
37	82	63	70	73	77	75	72	72	78	76	75	73	74	77	68
38	56	64	49	42	76	76	76	97	77	74	72	68	69	72	51
39	53	101	79	68	76	83	98	81	86	65	54	72	75	81	83
40	87	99	84	76	66	75	94	86	77	69	65	67	73	84	74
41	63	90	90	90	74	77	82	75	82	73	68	71	74	80	80
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	83	84	82	81	77	78	82	73	75	75	74	69	72	77	77
Desv. Est.	15	11	10	13	12	8	12	9	9	9	12	9	7	11	15
Varianza	218	120	95	170	135	64	135	85	81	79	140	77	56	123	220
Moda	75	91	79	90	75	75	87	76	75	74	77	68	70	72	83
Pesados	7	3		7	3		7	6	4		5	4		3	7

5.1.3.12 *Sábado 19 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3	4		5	6	7		8	9		10	11
# \ X	Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200
1	70	90	95	97	80	83	88	64	83	82	82	78	82	89	74
2	73	90	63	50	72	73	76	72	72	69	68	69	72	79	60
3	82	82	81	81	64	72	87	73	67	75	79	83	84	85	73
4	81	78	85	89	84	82	78	78	65	80	88	50	60	80	74
5	84	92	101	105	72	77	86	73	71	70	70	58	60	65	81
6	90	86	99	106	80	81	84	70	59	81	92	77	68	50	71
7	91	76	83	86	94	86	69	61	54	75	86	82	83	85	82
8	82	78	75	74	86	76	57	69	86	80	77	79	78	75	103
9	90	86	90	92	60	61	64	72	75	81	84	74	73	70	67
10	99	103	85	76	94	90	82	96	68	73	76	60	72	96	69
11	82	76	85	89	98	87	66	50	86	73	66	79	80	82	71
12	50	80	85	88	90	89	87	50	86	83	82	83	80	75	74
13	80	71	76	78	93	88	79	75	69	77	81	80	78	74	65
14	67	73	78	81	90	77	50	74	85	92	95	82	81	78	66
15	99	77	90	96	98	84	57	56	91	74	66	84	79	68	90
16	100	82	83	83	65	72	85	68	100	89	84	59	63	70	70
17	86	86	91	93	56	61	71	66	77	86	90	74	72	67	82
18	94	78	75	73	79	84	94	76	89	71	62	68	75	88	87
19	90	79	81	82	105	91	63	77	74	65	61	62	71	90	81
20	89	65	58	55	100	89	67	70	72	80	84	62	66	74	62
21	94	80	71	67	84	74	54	72	86	89	90	72	73	76	70
22	78	76	84	88	86	74	51	69	87	70	61	69	71	76	75
23	79	86	83	81	89	77	54	89	64	67	68	63	64	67	68
24	84	83	70	64	75	76	77	50	68	63	60	88	85	80	72
25	76	74	79	81	82	78	69	68	77	88	93	76	76	75	72
26	73	95	79	71	78	75	70	71	77	77	77	84	82	77	92
27	74	72	77	80	73	73	72	70	87	76	71	83	75	60	95
28	87	75	76	76	89	84	75	50	86	76	71	65	65	65	79
29	50	77	74	73	81	74	60	60	81	78	76	67	66	64	84
30	88	79	80	81	89	83	71	85	81	60	50	83	81	76	73
31	92	71	96	109	79	75	68	60	78	74	72	70	69	67	62
32	93	54	69	76	77	78	80	72	80	66	59	58	60	63	65
33	91	77	72	70	79	76	71	70	97	81	73	87	82	73	88
34	62	78	75	73	72	72	72	64	78	59	50	70	68	64	50
35	89	74	75	75	86	83	76	61	82	78	76	82	83	86	70
36	91	50	67	76	60	67	81	63	67	74	77	89	89	90	65
37	66	73	72	71	65	71	82	67	70	77	80	61	61	60	73
38	82	92	89	87	67	61	50	63	74	81	84	76	74	69	88
39	76	66	74	78	82	79	74	81	81	78	77	74	73	71	77
40	71	72	80	84	78	69	50	67	67	69	70	72	71	70	79
41	88	73	76	77	76	75	72	60	64	71	75	92	88	80	86
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	82	78	80	81	81	78	71	68	77	76	75	74	74	74	75
Desv. Est.	12	10	9	12	12	8	12	10	10	8	11	10	8	10	11
Varianza	140	97	85	147	134	59	139	99	102	58	123	102	64	94	111
Moda	82	78	83	81	72	83	50	72	86	81	77	83	71	80	74

5.1.3.13 *Domingo 20 de mayo del 2007.*

Dato	1	2		3	4		5	6	7		8	9		10	11
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
1	51	76	77	77	76	77	78	62	70	69	69	78	82	89	83
2	74	81	76	74	78	78	77	78	68	68	68	94	89	79	60
3	72	87	82	79	91	87	79	84	75	63	57	83	84	85	73
4	78	96	86	81	94	91	84	71	84	78	75	81	81	80	8
5	73	94	87	84	81	78	71	84	82	83	83	59	71	95	81
6	68	82	75	71	68	68	69	89	74	81	84	71	77	89	74
7	75	75	71	69	81	80	77	82	73	74	75	79	80	82	74
8	67	59	62	64	74	73	71	85	92	86	83	91	95	103	62
9	81	68	70	71	80	81	84	79	84	85	85	82	78	70	67
10	70	67	69	70	92	91	89	72	88	91	93	69	78	96	85
11	74	54	70	78	93	90	84	65	98	93	91	71	75	82	71
12	73	62	75	81	71	77	89	79	97	78	69	59	64	75	74
13	79	68	79	84	84	82	78	83	78	73	70	89	84	74	79
14	67	75	72	71	77	78	79	85	87	80	77	81	80	78	66
15	81	71	70	69	71	78	92	89	66	75	79	74	72	68	90
16	85	74	77	78	72	77	87	81	60	75	83	90	83	70	70
17	87	83	84	84	84	83	81	92	68	82	89	70	69	67	95
18	63	85	84	83	96	87	70	94	74	77	78	84	85	88	87
19	91	91	78	71	83	78	68	73	84	76	72	75	80	90	81
20	75	86	78	74	85	80	69	71	81	73	69	76	75	74	62
21	91	94	85	80	82	74	59	74	80	72	68	82	80	76	94
22	81	99	88	82	81	80	79	87	87	79	75	89	85	76	75
23	85	92	80	74	70	70	71	81	73	82	86	63	64	67	68
24	87	81	86	89	68	69	70	80	80	90	95	70	73	80	72
25	63	84	75	70	58	66	83	68	87	86	85	76	76	75	72
26	91	89	81	77	73	79	91	64	72	79	82	84	82	77	92
27	75	67	83	91	79	76	70	72	79	89	94	83	85	90	95
28	91	74	81	84	61	68	81	74	87	77	72	79	74	65	89
29	71	75	75	75	65	74	92	63	64	53	48	84	77	64	95
30	71	82	75	72	71	78	93	69	70	87	95	90	85	76	91
31	80	87	86	86	78	81	86	73	73	77	79	70	73	79	98
32	91	94	87	84	79	84	94	84	79	82	83	78	73	63	105
33	73	92	91	90	81	81	81	95	85	94	98	87	82	73	88
34	79	94	85	80	79	79	79	94	83	83	83	70	68	64	90
35	67	97	83	76	84	81	74	69	71	87	95	78	81	86	70
36	81	81	76	73	89	87	84	64	69	94	107	89	89	90	65
37	85	87	76	71	82	82	81	72	74	80	83	69	66	60	73
38	111	72	81	85	76	80	87	74	78	73	71	76	74	69	88
39	83	74	85	91	71	69	64	84	82	73	68	85	80	71	77
40	71	80	73	69	84	76	61	93	80	69	63	75	73	70	79
41	94	76	76	76	94	86	69	96	91	75	67	92	88	80	86
Posición	-1500	-1200	-1000	-900	-600	-500	-300	0	300	500	600	900	1000	1200	1500
Promedio	78	81	79	78	79	79	79	79	79	79	79	79	78	78	78
Desv. Est.	11	11	6	7	9	6	9	10	9	8	12	9	7	10	16
Varianza	115	121	40	48	80	38	81	94	76	72	141	78	49	101	252
Moda	91	94	75	84	81	78	79	84	87	73	83	70	80	80	74
Pesados	4	5		6	6		5	4	7		6	4		5	7

5.2. Aclaraciones sobre el tratamiento estadístico.

La mayoría del análisis numérico se realizó en JMP y Excel, para poder usar la misma base de datos se transcribieron todos los datos del Anexo 1, a un solo archivo, de modo que cada dato representara una sola fila. En ella se agregaron varias columnas para codificar cada uno de los datos, a saber:

- Punto.
- Velocidad.
- Día.
- Etapa.
- Semana.

Para un esquema de las columnas, véase la Figura 5-1, en la que se detallan las posibles características de cada una de estas columnas. Este acomodo de la información permite el uso de funciones de basa de datos de Excel, así como de análisis, distribución, regresión y control de JMP.

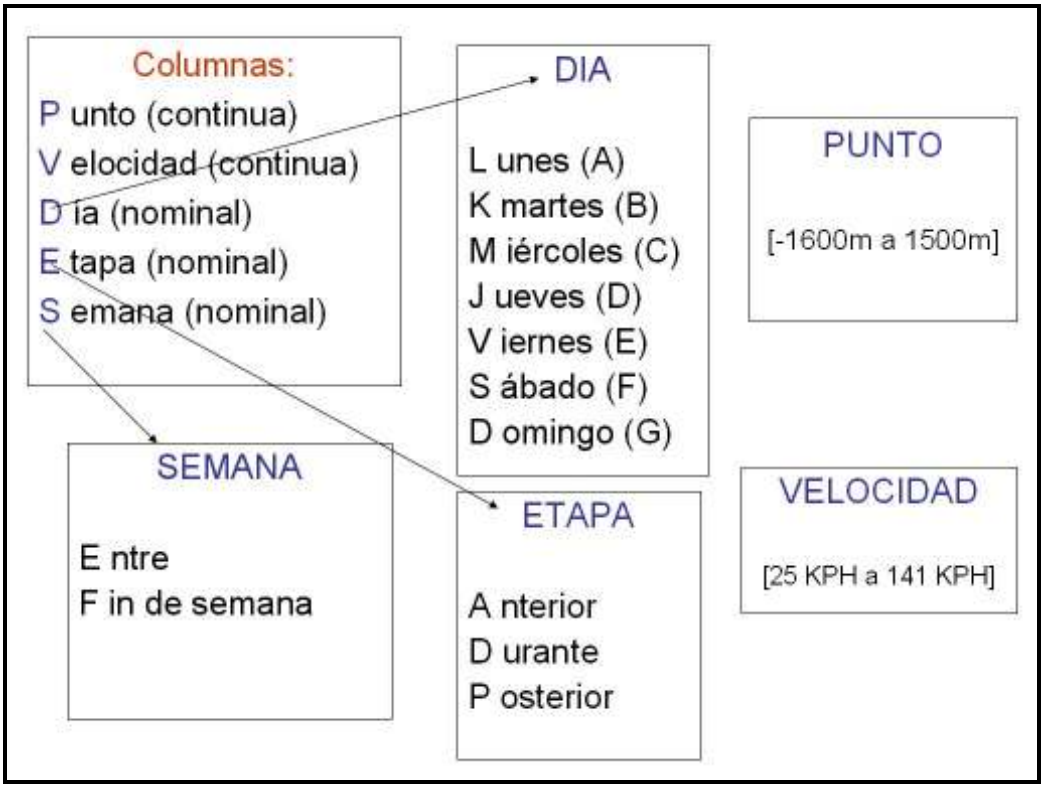


Figura 5-1: Codificación utilizada para introducir los datos en JMP.

Para evitar un sesgo en la muestra, se procuró medir velocidades de vehículos en condición de flujo libre, por lo que se desecharon las mediciones de ambulancias, camiones de bomberos, autos que estaban arrancando, deteniéndose o que llevaban prendidas sus luces de emergencia. Sin embargo, debido a su alta magnitud, se consideró importante no sacar de la muestra a los vehículos pesados y de transporte público, pues son una parte muy representativa del flujo normal en de la vía, (entre 10% y 20%, ver anexo 5.1). Equation Section (Next)

5.3. Verificación de estado del radar.

Para verificar la precisión del radar que se usó posteriormente en las mediciones de velocidad, el día 22 de abril del 2007, en el plantel del MOPT, Alajuela, se llevaron a cabo tres mediciones de velocidad, de los valores múltiplos de 10, del rango que se esperaba encontrar en las fases posteriores del proyecto, (ver Tabla 5-1). Tomando como valor teórico, la medida con el velocímetro del automóvil, y como experimental la que registró el radar.

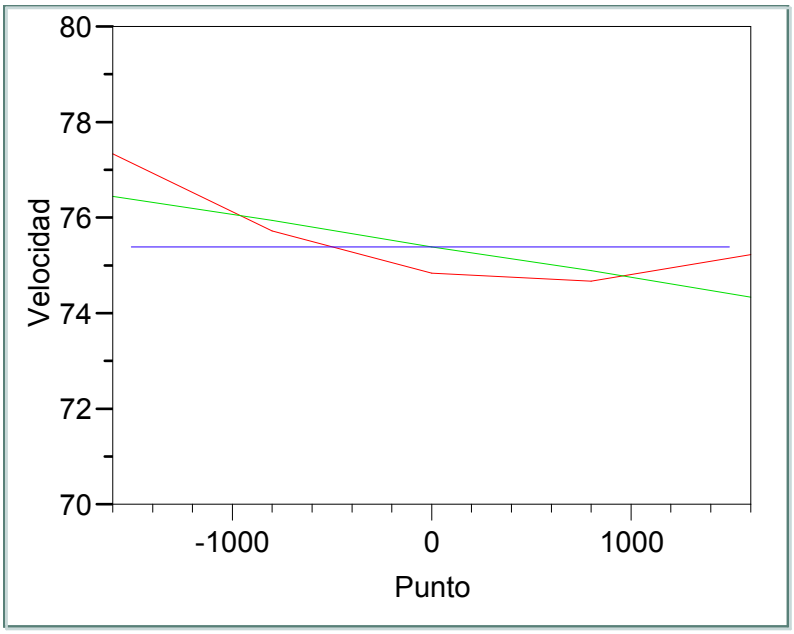
Tabla 5-1: Valores obtenidos al verificar el estado del radar.

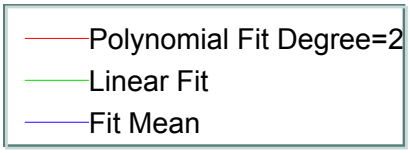
Velocímetro auto (KPH)	Radar Lanamme (KPH)	Porcentaje error (%)
30	30	0,00%
30	30	0,00%
30	32	-6,67%
40	40	0,00%
40	40	0,00%
40	40	0,00%
50	50	0,00%
50	50	0,00%
50	48	4,00%
60	59	1,67%
60	60	0,00%
60	62	-3,33%
70	71	-1,43%
70	70	0,00%
70	71	-1,43%
80	79	1,25%
80	80	0,00%
80	79	1,25%
	Promedio	-0,26%
	Desviación Est.	2,17%

5.4. Regresiones por etapas.

5.5. Etapa Anterior.

5.5.1 Regresiones de velocidad.





5.5.2 Polinomio de segundo grado.

Velocidad = 74,866071 - 0,0006622 Punto + 5,5774e-7 Punto^2

5.5.3 Bondad de ajuste parabólico.

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	0,005365
RSquare Adj	0,004178
Root Mean Square Error	11,17059
Mean of Response	75,42381
Observations (or Sum Wgts)	1680

5.5.4 Falta de ajuste parabólico.

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	4	2198,64	549,660	4,4411
Pure Error	1673	207060,96	123,766	Prob > F
Total Error	1677	209259,60		0,0014
				Max RSq
				0,0158

5.5.5 Análisis de variancia.

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	2	1128,65	564,325	4,5225
Error	1677	209259,60	124,782	Prob > F
C. Total	1679	210388,25		0,0110

5.5.6 Estimación de parámetros

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	74,866071	0,416303	179,84	0,0000
Punto	-0,000662	0,000273	-2,43	0,0152
Punto^2	5,5774e-7	3,147e-7	1,77	0,0765

5.5.7 Ajuste lineal.

Velocidad = 75,42381 - 0,0006622 Punto

5.5.8 Bondad de ajuste lineal.

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	0,003502
RSquare Adj	0,002908
Root Mean Square Error	11,17772
Mean of Response	75,42381
Observations (or Sum Wgts)	1680

5.5.9 Falta de ajuste lineal.

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	5	2590,59	518,118	4,1863
Pure Error	1673	207060,96	123,766	Prob > F
Total Error	1678	209651,55		0,0009
				Max RSq
				0,0158

5.5.10 Análisis de variancia.

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	736,70	736,700	5,8964
Error	1678	209651,55	124,941	Prob > F
C. Total	1679	210388,25		0,0153

5.5.11 Estimación de los parámetros.

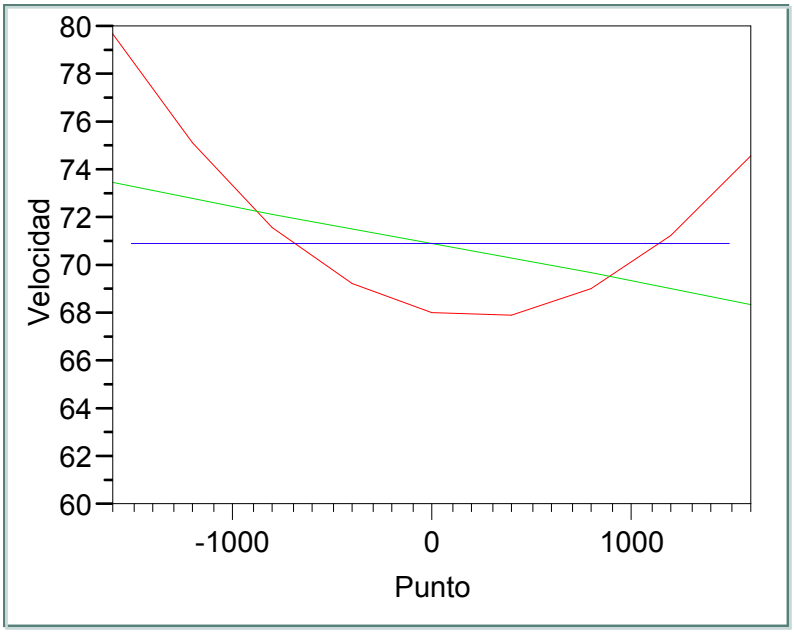
Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	75,42381	0,272708	276,57	0,0000
Punto	-0,000662	0,000273	-2,43	0,0153

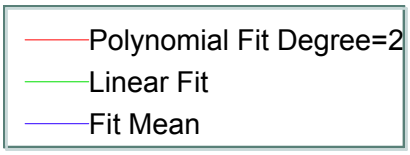
5.5.12 Ajuste del promedio.

Mean	75,42381
Std Dev [RMSE]	11,194
Std Error	0,273106
SSE	210388,2

5.6. Etapa Durante.

5.6.1 Regresiones de velocidad.





5.6.2 Polinomio de segundo grado.

Velocidad = 68,04523 - 0,0015691 Punto + 0,0000036 (Punto-7,37764)^2

5.6.3 Bondad de ajuste parabólico.

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	0,064423
RSquare Adj	0,063974
Root Mean Square Error	11,62795
Mean of Response	70,93306
Observations (or Sum Wgts)	4168

5.6.4 Falta de ajuste parabólico.

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio

Lack Of Fit	26	22889,72	880,374	6,7447
Pure Error	4139	540256,58	130,528	Prob > F
Total Error	4165	563146,30		<.0001
				Max RSq
				0,1025

5.6.5 Análisis de variancia.

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	2	38778,03	19389,0	143,4001
Error	4165	563146,30	135,2	Prob > F
C. Total	4167	601924,32		<.0001

5.6.6 Estimación de parámetros.

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	68,04523	0,264472	257,29	0,0000
Punto	-0,001569	0,0002	-7,86	<.0001
(Punto-7,37764)^2	0,0000036	2,378e-7	14,97	<.0001

5.6.7 Ajuste lineal.

Velocidad = 70,944716 - 0,0015797 Punto

5.6.8 Bondad de ajuste.

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	0,014069
RSquare Adj	0,013833
Root Mean Square Error	11,93533
Mean of Response	70,93306
Observations (or Sum Wgts)	4168

5.6.9 Falta de ajuste.

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	27	53199,13	1970,34	15,0951
Pure Error	4139	540256,58	130,53	Prob > F
Total Error	4166	593455,70		<.0001
				Max RSq
				0,1025

5.6.10 Análisis de variancia.

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	8468,62	8468,62	59,4489
Error	4166	593455,70	142,45	Prob > F

C. Total	4167	601924,32	<.0001

5.6.11 Estimación de parámetros.

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	70,944716	0,184878	383,74	0,0000
Punto	-0,00158	0,000205	-7,71	<.0001

5.7. Regresión Lineal Etapa Durante

5.7.1 Para x < 0.

Regresión lineal.[19]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,287	0,082	0,082	12,077	2206

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	28788,674	1	28788,7	197,381	0,0000
Residual	321460,86	2204	145,853		
Total	350249,54	2205			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	66,553	0,464		143,311	0,0000	65,642	67,46321
x	-0,00749	0,001	-0,287	-14,049	0,0000	-0,009	-0,00644

5.7.2 Para x > 0.

Regresión lineal.[20]

r	r^2	Aj. r^2	SE	Observ.
0,270	0,073	0,073	11,025	2288

[19] Usando Lumenaut.

[20] Usando Lumenaut.

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	21884,361	1	21884,4	180,039	0,0000
Residual	277870,49	2286	121,553		
Total	299754,85	2287			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	64,421	0,406		158,709	0,0000	63,625	65,21672
x	0,00629	0,000	0,270	13,418	0,0000	0,005	0,007204

5.7.3 Regresión lineal suprimiendo discontinuidad en x = 0.

Regresión lineal constriñendo valores a un intercepto fijo,[21] el valor promedio de ambas regresiones anteriores, a saber: 65,487

5.7.3.1 Para x < 0.

Linear Fit

V = 65,487 - 0,008503 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	12,08865
Mean of Response	6,498494
Observations (or Sum Wgts)	2206

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	121181,17	121181	829,2386
Error	2205	322228,69	146	Prob > F
C. Total	2206	443409,85		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

[21] Usando JMP

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	65,487	0	.	.
x		-0,008503	0,000295	-28,80	<.0001

5.7.3.2 Para x > 0.

Linear Fit

V = 65,487 + 0,0052725 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	11,03933
Mean of Response	3,416846
Observations (or Sum Wgts)	2288

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	16	4876,45	304,778	2,5276
Pure Error	2271	273832,81	120,578	Prob > F
Total Error	2287	278709,25		0,0007
				Max RSq
				0,1612

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	47757,62	47757,6	391,8840
Error	2287	278709,25	121,9	Prob > F
C. Total	2288	326466,87		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	65,487	0	.	.
x		0,0052725	0,000266	19,80	<.0001

5.8. Regresión lineal Etapa Durante desagregada por días.

5.8.1 Lunes.

5.8.1.1 Para x < 0.

Regresión Lineal[22]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,309	0,095	0,089	9,808	160

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	1598,9512	1	1598,95	16,620	0,0001
Residual	15200,543	158	96,206		
Total	16799,494	159			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	59,2025	1,298		45,627	0,0000	56,640	61,76526
x	-0,0057	0,001	-0,309	-4,077	0,0001	-0,008	-0,00292

5.8.1.2 Para x > 0.

Regresión Lineal[23]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,384	0,147	0,142	11,663	160

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	3710,9112	1	3710,91	27,282	0,0000
Residual	21491,333	158	136,021		
Total	25202,244	159			

[22] Usando Lumenaut.

[23] Usando Lumenaut.

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	57,6075	1,543		37,339	0,0000	54,560	60,65476
x	0,0086	0,002	0,384	5,223	0,0000	0,005	0,011873

5.8.1.3 Regresión lineal suprimiendo la discontinuidad en x = 0.

Regresión lineal constriñendo valores a un intercepto fijo,[24] el valor promedio de ambas regresiones anteriores, a saber: KPH

5.8.1.3.1 Para x < 0.

Linear Fit

V = 58,405 - 0,0063386 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	9,789253
Mean of Response	5,03875
Observations (or Sum Wgts)	160

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	3	748,311	249,437	2,6857
Pure Error	156	14488,575	92,875	Prob > F
Total Error	159	15236,886		0,0485
				Max RSq
				0,3055

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	5624,848	5624,85	58,6964
Error	159	15236,886	95,83	Prob > F
C. Total	160	20861,734		<.0001

[24] Usando JMP

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	58,405	0	.	.
x		-0,006339	0,000827	-7,66	<.0001

5.8.1.3.2 Para x > 0.

Linear Fit

V = 58,405 + 0,0079314 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	11,6359
Mean of Response	5,66375
Observations (or Sum Wgts)	160

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	3	51,901	17,300	0,1257
Pure Error	156	21475,775	137,665	Prob > F
Total Error	159	21527,676		0,9448
				Max RSq
				0,2920

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	8807,058	8807,06	65,0475
Error	159	21527,676	135,39	Prob > F
C. Total	160	30334,734		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	58,405	0	.	.
x		0,0079314	0,000983	8,07	<.0001

5.8.2 Martes.

5.8.2.1 Para x < 0.

Regresión Lineal[25]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,528	0,279	0,274	13,753	160

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	11552	1	11552	61,072	0,0000
Residual	29886,375	158	189,154		
Total	41438,375	159			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	62,788	1,819		34,510	0,0000	59,194	66,38097
x	-0,015	0,002	-0,528	-7,815	0,0000	-0,019	-0,01136

5.8.2.2 Para x > 0.

Regresión Lineal[26]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,271	0,073	0,068	13,247	160

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed

[25] Usando Lumenaut.

[26] Usando Lumenaut.

Regression	2197,845	1	2197,85	12,524	0,0005
Residual	27728,13	158	175,494		
Total	29925,975	159			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	63,040	1,752		35,972	0,0000	59,579	66,50129
x	0,007	0,002	0,271	3,539	0,0005	0,003	0,01033

5.8.2.3 Regresión lineal suprimiendo la discontinuidad en x = 0.

Regresión lineal constriñendo valores a un intercepto fijo,[27] el valor promedio de ambas regresiones anteriores, a saber: KPH

5.8.2.3.1 Para x < 0.

Linear Fit

V = 62,9138 - 0,0150917 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	13,71603
Mean of Response	11,2737
Observations (or Sum Wgts)	160

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	3	2358,437	786,146	4,4549
Pure Error	156	27528,85	176,467	Prob > F
Total Error	159	29887,287		0,0049
				Max RSq
				0,5544

[27] Usando JMP

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	11551,088	11551,088	61,06515804
Error	158	29887,287	189,1600443	Prob > F
C. Total	159	41438,375		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	62,9138	0	.	.
x		-0,015092	0,001159	-13,02	<.0001

5.8.2.3.2 ***Para x > 0.***

Linear Fit

V = 62,9138 + 0,0067382 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	13,20593
Mean of Response	5,0987
Observations (or Sum Wgts)	160

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	3	1321,34	440,447	2,6019
Pure Error	156	26407,7	169,28	Prob > F
Total Error	159	27729,04		0,054
				Max RSq
				0,2253

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	2196,935	2196,935	12,51813009
Error	158	27729,04	175,5002532	Prob > F
C. Total	159	29925,975		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	62,9138	0	.	.
x		0,0067382	0,001116	6,04	<.0001

5.8.3 Miércoles.

5.8.3.1 Para x < 0.

Regresión Lineal[28]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,214	0,046	0,044	11,824	615

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	4132,9624	1	4132,96	29,560	0,0000
Residual	85706,121	613	139,814		
Total	89839,083	614			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	68,426	0,898		76,169	0,0000	66,662	70,1905
x	-0,006	0,001	-0,214	-5,437	0,0000	-0,008	-0,00359

5.8.3.2 Para x > 0.

Regresión Lineal[29]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,268	0,072	0,070	10,742	615

[28] Usando Lumenaut.

[29] Usando Lumenaut.

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	5462,5755	1	5462,58	47,341	0,0000
Residual	70733,142	613	115,388		
Total	76195,717	614			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	67,274	0,801		84,023	0,0000	65,702	68,84652
x	0,006	0,001	0,268	6,880	0,0000	0,004	0,007906

5.8.3.3 Regresión lineal suprimiendo la discontinuidad en x = 0.

Regresión lineal constriñendo valores a un intercepto fijo,[30] el valor promedio de ambas regresiones anteriores, a saber: KPH

5.8.3.3.1 Para x < 0.

Linear Fit

V = 67,8482 - 0,006183 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	11,81864
Mean of Response	4,715854
Observations (or Sum Wgts)	615

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

[30] Usando JMP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	8	645,118	80,64	0,5741
Pure Error	606	85118,537	140,46	Prob > F
Total Error	614	85763,654		0,7995
				Max RSq
				0,1777

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	4075,433	4075,433	29,12936225
Error	613	85763,65	139,908075	Prob > F
C. Total	614	89839,083		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	67,85	0	.	.
x		-0,006181	0,000548	-11,27	<.0001

5.8.3.3.2 Para x > 0.

Linear Fit

V = 67,85 + 0,0056095 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	10,73768
Mean of Response	4,057317
Observations (or Sum Wgts)	615

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	9	1109,196	123,244	1,07
Pure Error	605	69683,634	115,18	Prob > F
Total Error	614	70792,83		0,383

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio Max RSq 0,1927

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	5402,887	5402,887	46,78397136
Error	613	70792,83	115,4858564	Prob > F
C. Total	614	76195,717		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	67,85	0	.	.
x		0,0056095	0,000483	11,6	<.0001

5.8.4 Jueves.

5.8.4.1 Para x < 0.

Regresión Lineal[31]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,244	0,060	0,058	11,778	615

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	5385,6842	1	5385,68	38,822	0,0000
Residual	85040,309	613	138,728		
Total	90425,993	614			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL

[31] Usando Lumenaut.

Constant	69,365	0,882		78,637	0,0000	67,633	71,09765
x	-0,006	0,001	-0,244	-6,231	0,0000	-0,008	-0,00432

5.8.4.2 Para x > 0.

Regresión Lineal[32]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,176	0,031	0,030	10,711	656

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	2410,7037	1	2410,7	21,014	0,0000
Residual	75027,827	654	114,721		
Total	77438,53	655			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	65,738	0,799		82,314	0,0000	64,170	67,30598
x	0,004	0,001	0,176	4,584	0,0000	0,002	0,00594

5.8.4.3 Regresión lineal suprimiendo la discontinuidad en x = 0.

Regresión lineal constriñendo valores a un intercepto fijo,[33] el valor promedio de ambas regresiones anteriores, a saber: KPH

5.8.4.3.1 Para x < 0.

[32] Usando Lumenaut.

[33] Usando JMP

Linear Fit

V = 67,5516 - 0,0080718 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	11,80921
Mean of Response	6,445148
Observations (or Sum Wgts)	615

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	8	4525,75	565,719	4,2271
Pure Error	606	81101,085	133,83	Prob > F
Total Error	614	85626,835		<.0001
				Max RSq
				0,3007

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	4799,153	4799,153	34,35699354
Error	613	85626,84	139,684894	Prob > F
C. Total	614	90425,993		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	67,5516	0	.	.
x		-0,008072	0,000547	-14,75	<.0001

5.8.4.3.2 ***Para x > 0.***

Linear Fit

V = 67,5516 + 0,0024033 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	10,74475
Mean of Response	1,305107
Observations (or Sum Wgts)	656

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	7	1345,381	192,197	1,6768
Pure Error	648	74274,195	114,621	Prob > F
Total Error	655	75619,576		0,1117
				Max RSq
				0,0545

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	1818,954	1818,954	15,73132222
Error	654	75619,576	115,626263	Prob > F
C. Total	655	77438,53		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	67,5516	0	.	.
x		0,0024033	0,000477	5,04	<.0001

5.8.5 Viernes.

5.8.5.1 Para x < 0.

Regresión Lineal[34]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,322	0,104	0,102	11,477	656

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	9949,5913	1	9949,59	75,540	0,0000
Residual	86140,566	654	131,713		
Total	96090,157	655			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	65,370	0,797		81,991	0,0000	63,805	66,93605
x	-0,008	0,001	-0,322	-8,691	0,0000	-0,010	-0,00637

5.8.5.2 Para x > 0.

Regresión Lineal[35]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,314	0,098	0,097	10,213	697

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	7914,0798	1	7914,08	75,867	0,0000
Residual	72499,329	695	104,316		
Total	80413,409	696			

[34] Usando Lumenaut.

[35] Usando Lumenaut.

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	63,242	0,634		99,812	0,0000	61,998	64,48591
x	0,007	0,001	0,314	8,710	0,0000	0,005	0,008549

5.8.5.3 Regresión lineal suprimiendo la discontinuidad en x = 0.

Regresión lineal constriñendo valores a un intercepto fijo,[36] el valor promedio de ambas regresiones anteriores, a saber: KPH

5.8.5.3.1 Para x < 0.

Linear Fit

V = 64,3062 - 0,0092696 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	11,48349
Mean of Response	6,795934
Observations (or Sum Wgts)	656

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	11	6204,608	564,055	4,531
Pure Error	644	80170,659	124,489	Prob > F
Total Error	655	86375,267		<.0001
				Max RSq
				0,3657

[36] Usando JMP

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	9714,887	9714,887	73,55735152
Error	654	86375,27	132,0722783	Prob > F
C. Total	655	96090,157		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	64,3062	0	.	.
x		-0,00927	0,000532	-17,42	<.0001

5.8.5.3.2 Para x > 0.

Linear Fit

V = 64,3062 + 0,0059112 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	10,22686
Mean of Response	3,306426
Observations (or Sum Wgts)	697

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	12	2531,981	210,998	2,0541
Pure Error	684	70261,683	102,722	Prob > F
Total Error	696	72793,664		0,018
				Max RSq
				0,2019

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	7619,745	7619,745	72,74977634
Error	695	72793,664	104,7390849	Prob > F
C. Total	696	80413,409		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	64,3062	0	.	.
x		0,0059112	0,00049	12,07	<.0001

5.8.6 Todos los días, excluyendo Lunes.

5.8.6.1 Para x < 0.

Regresión Lineal[37]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,295	0,087	0,087	11,971	2046

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	27931,071	1	27931,1	194,895	0,0000
Residual	292932,24	2044	143,313		
Total	320863,31	2045			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	67,035	0,482		139,17	0,0000	66,090	67,97966
x	-0,008	0,001	-0,295	-13,960	0,0000	-0,009	-0,00667

[37] Usando Lumenaut.

5.8.6.2 Para x > 0.

Regresión Lineal[38]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,264	0,070	0,069	10,880	2128

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	18852,258	1	18852,3	159,25	0,0000
Residual	251678,6	2126	118,381		
Total	270530,86	2127			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	64,921	0,417		155,516	0,0000	64,102	65,73945
x	0,006	0,000	0,264	12,619	0,0000	0,005	0,007068

5.8.6.3 Regresión lineal excluyendo lunes en la etapa del Durante suprimiendo la discontinuidad en x = 0.

Regresión lineal constriñendo valores a un intercepto fijo, el valor promedio de ambas regresiones anteriores, a saber: 65,9779 KPH.

5.8.6.3.1 Para x < 0.

Linear Fit

V = 65,9779 - 0,0087802 x

[38] Usando Lumenaut.

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	11,98252
Mean of Response	6,67557
Observations (or Sum Wgts)	2046

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	12	10870,39	905,865	6,5132
Pure Error	2033	282752,13	139,081	Prob > F
Total Error	2045	293622,52		<.0001
				Max RSq
				0,3138

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	27240,79	27240,79	189,6318265
Error	2044	293622,52	143,6509393	Prob > F
C. Total	2045	320863,31		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	65,9779	0	.	.
x		-0,00878	0,000306	-28,72	<.0001

5.8.6.3.2 ***Para x > 0.***

Linear Fit

V = 65,9779 + 0,0051048 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	10,89415
Mean of Response	3,289487
Observations (or Sum Wgts)	2128

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	16	4404,53	275,283	2,3429
Pure Error	2111	248033,19	117,496	Prob > F
Total Error	2127	252437,72		0,0019
				Max RSq
				0,1551

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	18093,14	18093,14	152,3782406
Error	2126	252437,72	118,7383443	Prob > F
C. Total	2127	270530,86		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	65,9779	0	.	.
x		0,0051048	0,000274	18,61	<.0001

5.8.7 Todos los días, excluyendo Jueves.

5.8.7.1 Para x < 0.

Regresión Lineal[39]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,264	0,070	0,069	10,880	2128

[39] Usando Lumenaut.

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	18852,258	1	18852,3	159,25	0,0000
Residual	251678,6	2126	118,381		
Total	270530,86	2127			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	64,921	0,417		155,516	0,0000	64,102	65,73945
x	0,006	0,000	0,264	12,619	0,0000	0,005	0,007068

5.8.7.2 Para x > 0.

Regresión Lineal[40]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,303	0,092	0,091	11,130	1632

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	20399,595	1	20399,6	164,68	0,0000
Residual	201914,68	1630	123,874		
Total	222314,27	1631			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	64,016	0,471		135,826	0,0000	63,091	64,94002
x	0,007	0,001	0,303	12,833	0,0000	0,006	0,008099

[40] Usando Lumenaut.

5.8.7.3 Regresión lineal excluyendo jueves en la etapa del Durante suprimiendo la discontinuidad en x = 0.

Regresión lineal constriñendo valores a un intercepto fijo,[41] el valor promedio de ambas regresiones anteriores, a saber: KPH

5.8.7.3.1 Para x < 0.

Linear Fit

V = 64,7674 - 0,0085835 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	12,11065
Mean of Response	6,440645
Observations (or Sum Wgts)	1591

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	12	7772,57	647,715	4,534
Pure Error	1578	225429,17	142,858	Prob > F
Total Error	1590	233201,75		<.0001
				Max RSq
				0,3007

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	23172,39	23172,39	157,8930163
Error	1589	233201,75	146,7600692	Prob > F
C. Total	1590	256374,14		<.0001

[41] Usando JMP

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	64,7674	0	.	.
x		-0,008584	0,000348	-24,66	<.0001

5.8.7.3.2 Para x > 0.

Linear Fit

V = 64,7674 + 0,0063168 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	11,13514
Mean of Response	4,155394
Observations (or Sum Wgts)	1632

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	16	3668,69	229,293	1,865
Pure Error	1615	198561,19	122,948	Prob > F
Total Error	1631	202229,88		0,0197
				Max RSq
				0,2073

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	20084,39	20084,39	161,8828815
Error	1630	202229,88	124,067411	Prob > F
C. Total	1631	222314,27		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	64,7674	0	.	.
x		0,0063168	0,00032	19,73	<.0001

5.8.8 Todos los días, excluyendo Lunes y Jueves.

5.8.8.1 Para x < 0.

Regresión Lineal[42]

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,315	0,099	0,099	12,009	1431

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	22763,829	1	22763,8	157,844	0,0000
Residual	206086,87	1429	144,218		
Total	228850,7	1430			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	66,084	0,573		115,349	0,0000	64,961	67,20831
x	-0,008	0,001	-0,315	-12,564	0,0000	-0,010	-0,00702

5.8.8.2 Para x > 0.

Regresión Lineal[43]

[42] Usando Lumenaut.

[43] Usando Lumenaut.

r	r2	Aj. r2	SE	Observ.
0,301	0,091	0,090	10,925	1472

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	17464,139	1	17464,1	146,307	0,0000
Residual	175468,24	1470	119,366		
Total	192932,38	1471			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	64,643	0,489		132,219	0,0000	63,684	65,60236
x	0,007	0,001	0,301	12,096	0,0000	0,006	0,008063

5.8.8.3 ***Regresión lineal excluyendo lunes y jueves en la etapa del Durante suprimiendo la discontinuidad en x = 0.***

Regresión lineal constriñendo valores a un intercepto fijo,[44] el valor promedio de ambas regresiones anteriores, a saber: KPH

5.8.8.3.1 ***Para x < 0.***

Linear Fit

V = 65,3638 - 0,0090164 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	12,01151
Mean of Response	6,712371

[44] Usando JMP

Observations (or Sum Wgts)	1431

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	12	7074,21	589,517	4,1956
Pure Error	1418	199240,87	140,508	Prob > F
Total Error	1430	206315,08		<.0001
				Max RSq
				0,3208

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	87010,64	87010,6	603,0835
Error	1430	206315,08	144,3	Prob > F
C. Total	1431	293325,72		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	65,3638	0	.	.
x		-0,009016	0,000367	-24,56	<.0001

5.8.8.3.2 ***Para x > 0.***

Linear Fit

V = 66,3639 + 0,0052969 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	10,96768
Mean of Response	3,086508
Observations (or Sum Wgts)	1472

Lack Of Fit

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	16	4312,65	269,541	2,2718
Pure Error	1455	172633,92	118,649	Prob > F
Total Error	1471	176946,58		0,0028
				Max RSq
				0,1658

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	15985,8	15985,8	132,8035
Error	1470	176946,58	120,37182	Prob > F
C. Total	1471	192932,38		<.0001

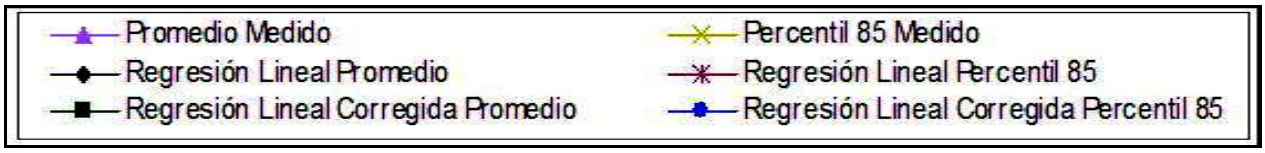
Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	66,3639	0	.	.
x		0,0052969	0,000335	15,79	<.0001

5.9. Gráficos de los resultados de las regresiones lineales, para el promedio y el percentil 85, para la etapa del Durante.

Simbología:



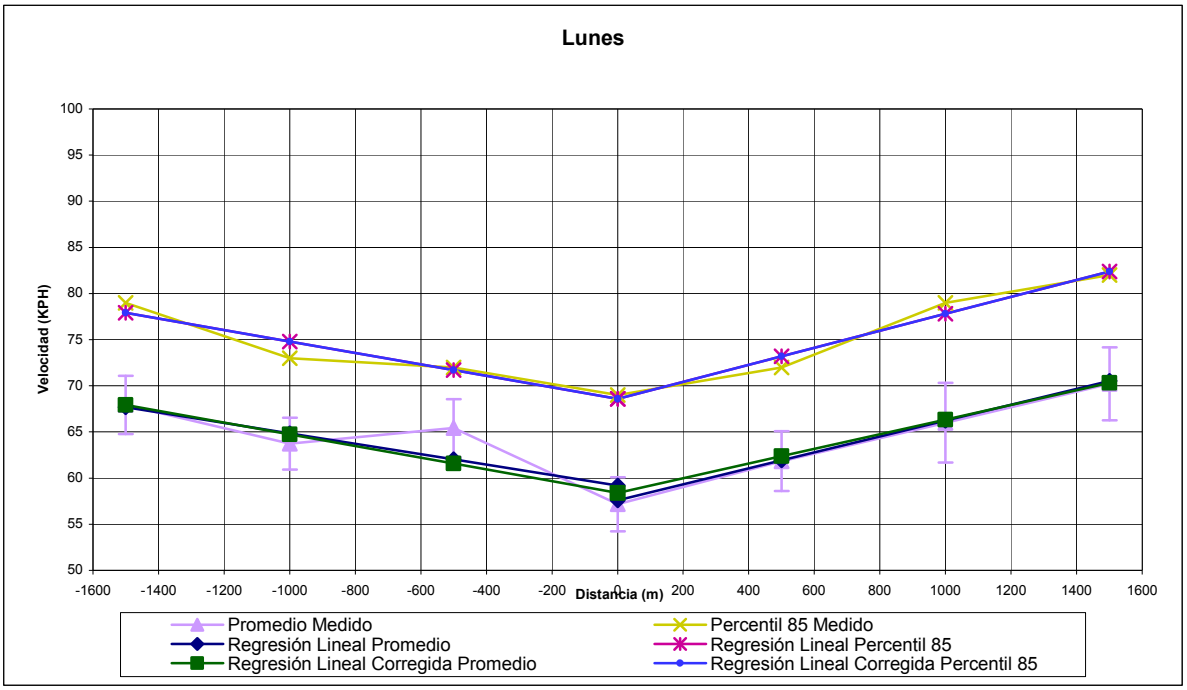


Gráfico 5-1: Diagrama de Dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control, para el día Lunes.

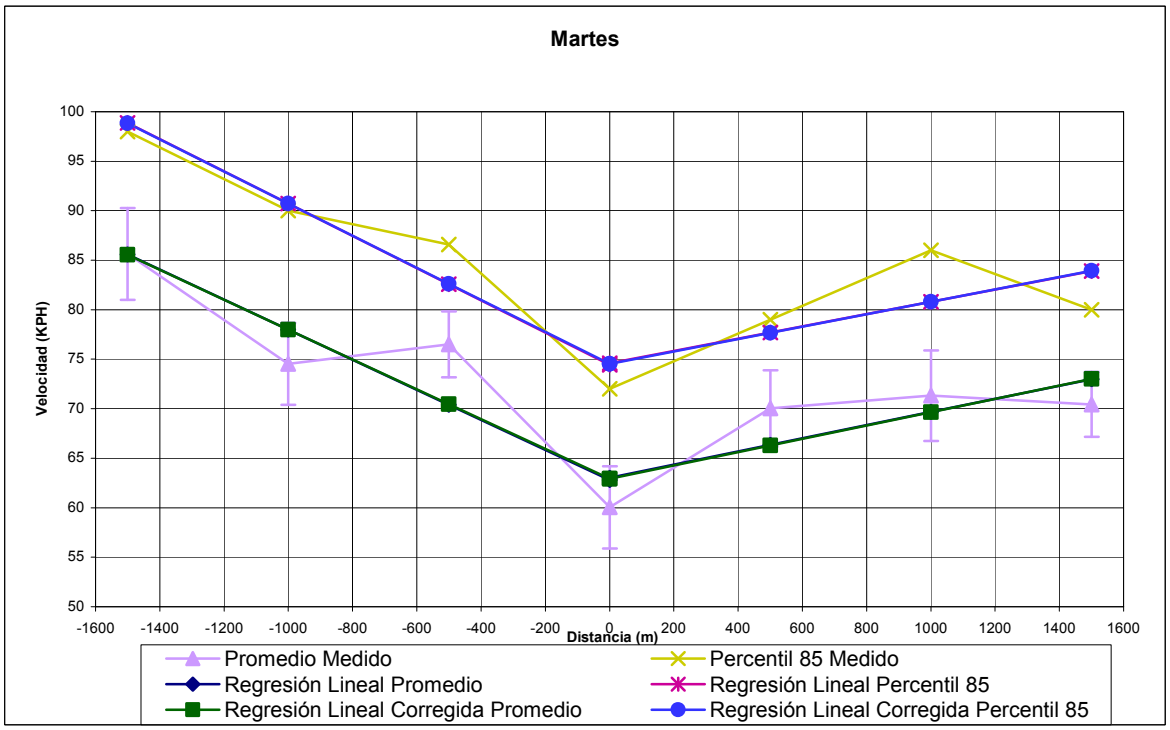


Gráfico 5-2: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para el día Martes.

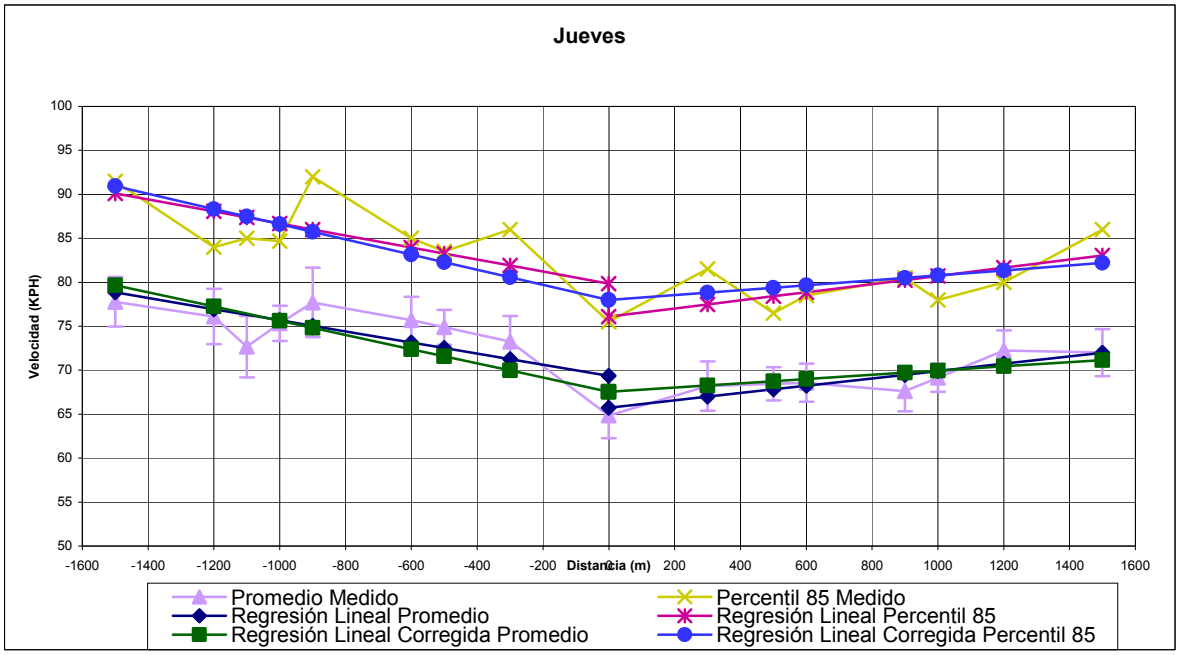


Gráfico 5-3: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para el día Jueves.

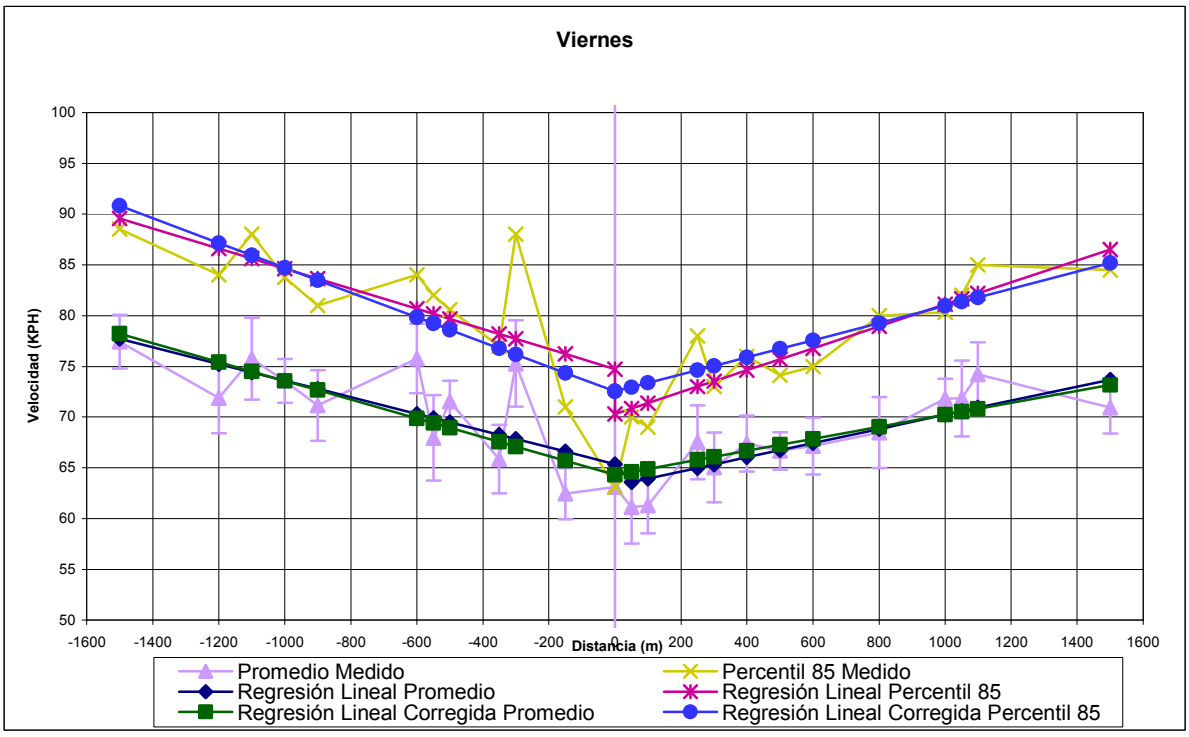


Gráfico 5-4: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para el día Viernes.

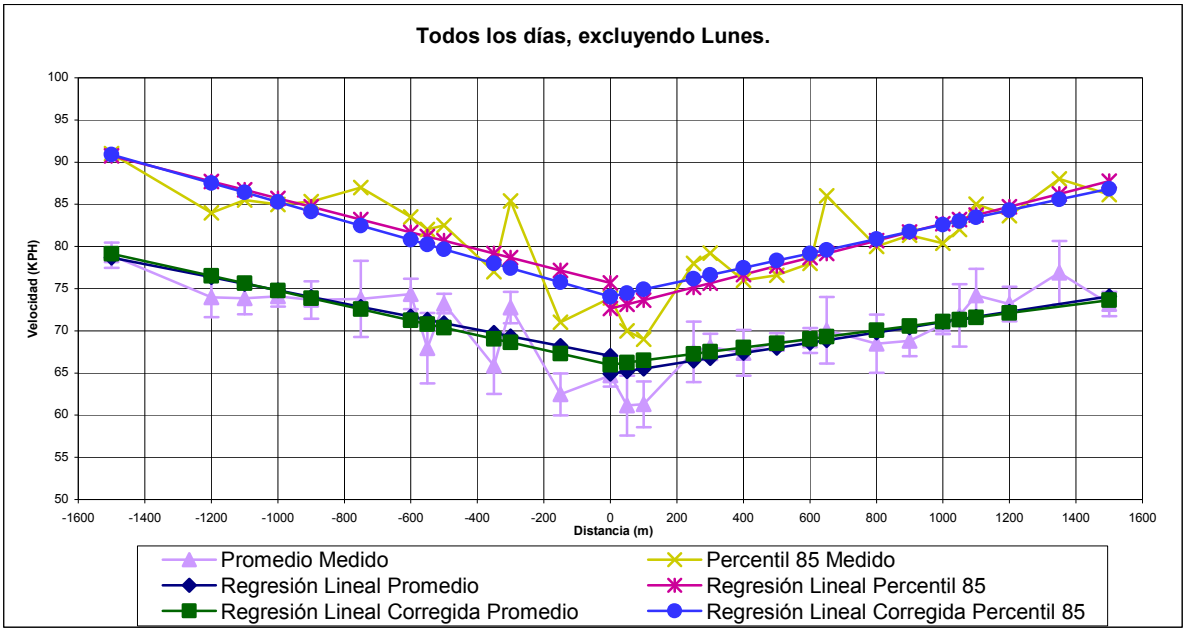


Gráfico 5-5: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para todos los días excluyendo Lunes.

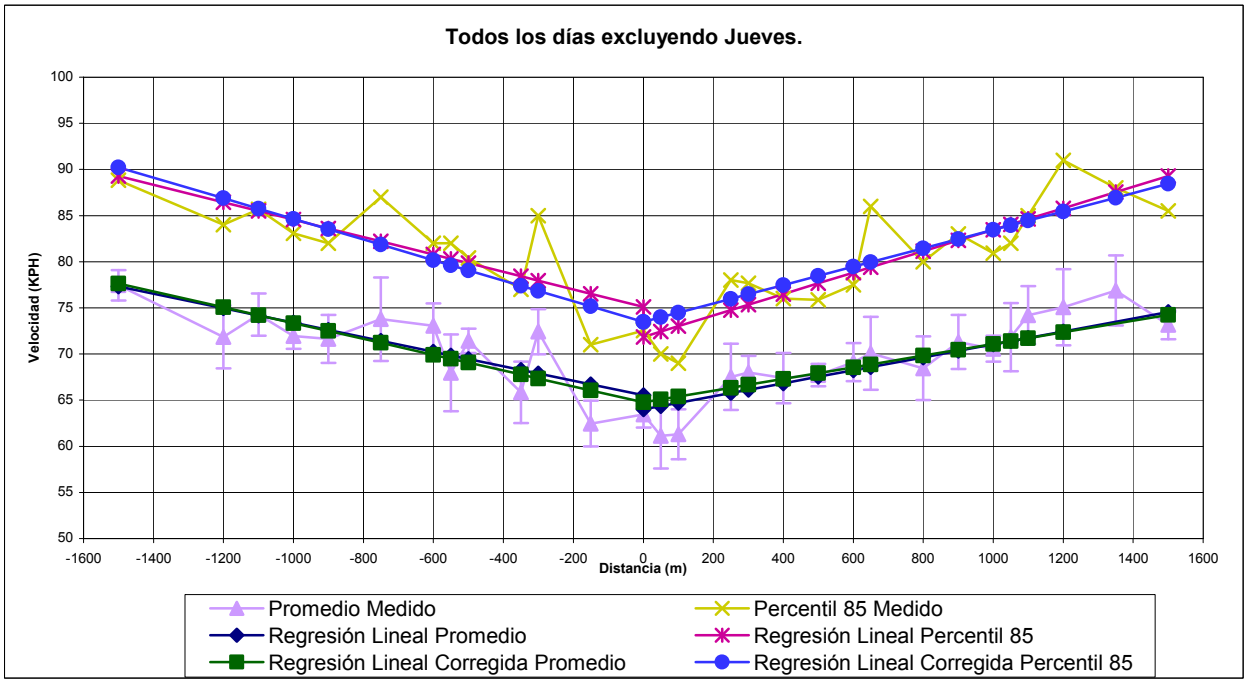
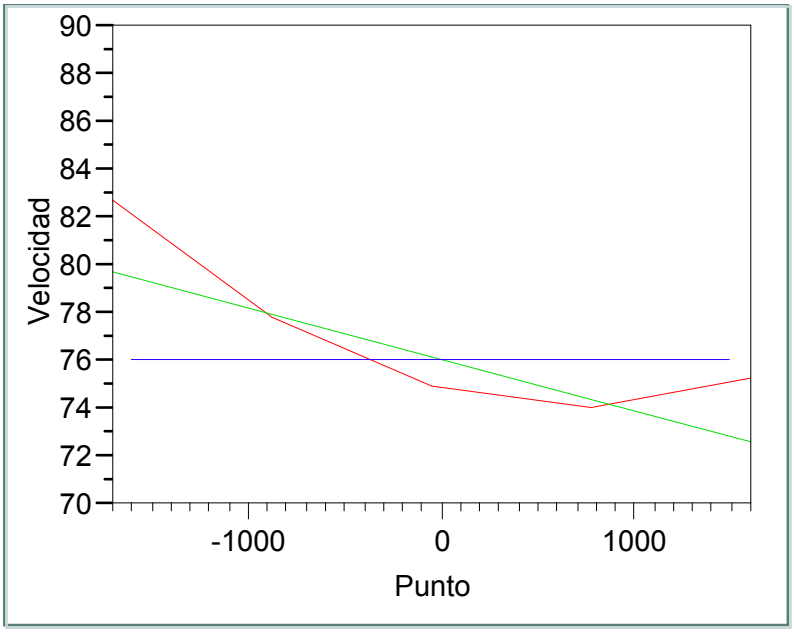
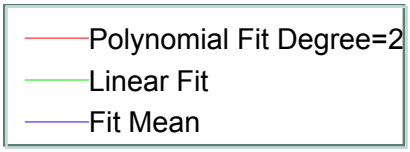


Gráfico 5-6: Diagrama de dispersión del promedio con su respectivo intervalo al 95% de confianza y del percentil 85, junto con la regresión lineal discontinua y corregida, en función de la posición relativa al punto de control para todos los días excluyendo Jueves.

5.10. Etapa Posterior.

5.10.1.1 *Regresiones de velocidad.*





5.10.1.2 *Polinomio de segundo grado.*

Velocidad = 74,812832 - 0,0020236 Punto + 0,0000015 (Punto-30,662)^2

5.10.1.3 *Bondad de ajuste parabólico.*

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	0,035541
RSquare Adj	0,035292
Root Mean Square Error	11,76671
Mean of Response	76,00477
Observations (or Sum Wgts)	7749

5.10.1.4 Falta de ajuste parabólico.

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	32	34848,6	1089,02	8,0961
Pure Error	7714	1037627,0	134,51	Prob > F
Total Error	7746	1072475,6		<.0001
				Max RSq
				0,0669

5.10.1.5 Análisis de variancia.

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	2	39521,2	19760,6	142,7217
Error	7746	1072475,6	138,5	Prob > F
C. Total	7748	1111996,8		<.0001

5.10.1.6 Estimación de parámetros.

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	74,812832	0,200113	373,85	0,0000
Punto	-0,002024	0,000147	-13,79	<.0001
(Punto-30,662)^2	0,0000015	1,774e-7	8,45	<.0001

5.10.1.7 Ajuste lineal.

Velocidad = 76,070335 - 0,0021381 Punto

5.10.1.8 Bondad de ajuste.

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	0,026655
RSquare Adj	0,026529
Root Mean Square Error	11,82003
Mean of Response	76,00477
Observations (or Sum Wgts)	7749

5.10.1.9 Falta de ajuste.

Using replicated points as the part of residual error that does not depend on the form of the model so that you can test for the adequacy of the form of the model.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	33	44729,8	1355,45	10,0768
Pure Error	7714	1037627,0	134,51	Prob > F
Total Error	7747	1082356,8		<.0001
				Max RSq
				0,0669

5.10.1.10 Análisis de variancia.

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	29640,0	29640,0	212,1495
Error	7747	1082356,8	139,7	Prob > F
C. Total	7748	1111996,8		<.0001

5.10.1.11 Estimación de parámetros.

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	76,070335	0,134351	566,21	0,0000
Punto	-0,002138	0,000147	-14,57	<.0001

5.10.1.12 Ajuste del promedio.

Mean	76,00477
Std Dev [RMSE]	11,98
Std Error	0,136092
SSE	1111997

5.11. Regresión Lineal Etapa Posterior

5.11.1.1 Para x < 0.

Regresión Lineal.[45]

z	r^2	Aj. r^2	SE	Observ.
0,175	0,031	0,030	11,854	3977

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	17713,01121	1	17713	126,051	0,0000
Residual	558576,0494	3975	140,522		
Total	576289,0606	3976			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL

[45] Usando Lumenaut.

Constant	74,5047	0,343		217,259	0,0000	73,832	75,17701
x	-0,0043	0,000	-0,175	-11,227	0,0000	-0,005	-0,00357

5.11.1.2 Para x > 0.

Regresión Lineal.[46]

r	r^2	Aj. r^2	SE	Observ.
0,066	0,004	0,004	11,702	4305

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	2595,6047	1	2595,6	18,954	0,0000
Residual	589250,11	4303	136,939		
Total	591845,71	4304			

Model	b	Std. Error	Stand. Coeff. Beta	Test Statistic	p-Value Two Tailed	B Lower 95% CL	B Upper 95% CL
Constant	72,8288	0,334		218,127	0,0000	72,174	73,48334
x	0,0017	0,000	0,066	4,354	0,0000	0,001	0,002396

5.11.1.3 Regresión lineal suprimiendo la discontinuidad en x = 0.

Regresión lineal constriñendo valores a un intercepto fijo,[47] el valor promedio de ambas regresiones anteriores, a saber: 73,6668.

Para x < 0.

Linear Fit

V = 73,6668 - 0,0051068 x

[46] Usando Lumenaut.

[47] Usando JMP

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	11,86162
Mean of Response	4,058118
Observations (or Sum Wgts)	3977

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	82368,67	82368,7	585,4292
Error	3976	559414,92	140,7	Prob > F
C. Total	3977	641783,59		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	73,6668	0	.	.
x		-0,005107	0,000211	-24,20	<.0001

Para x > 0.

Linear Fit

V = 73,6668 + 0,000847 x

Summary of Fit

R-square is the portion of variation attributed to the model, between 0 and 1. Root Mean Squared Error "RMSE" estimates the standard deviation of the residual.

RSquare	.
RSquare Adj	.
Root Mean Square Error	11,70931
Mean of Response	0,390807
Observations (or Sum Wgts)	4305

Analysis of Variance

The test that the whole model fits better than a simple mean, i.e. testing that all the parameters are zero except the intercept

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	2390,39	2390,39	17,4344
Error	4304	590112,83	137,11	Prob > F
C. Total	4305	592503,22		<.0001

Tested against reduced model: Y=0

Parameter Estimates

Term		Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	Zeroed	73,6668	0	.	.
x		0,000847	0,000203	4,18	<.0001

5.12. Reportes de las corridas del Software Metrocount

Entre el 23 de mayo del 2006 y el 30 de mayo del 2006, el LANAMME ubicó el contador automático que aparece en la Fotografía 3-1, dentro de la zona de estudio en que se ubicó este proyecto, de hecho estos datos ya se usaron en el cuerpo del documento en la determinación del TPDA en la página 53, de este documento.

Con base en los datos obtenidos en dichas mediciones, se realizaron dos análisis:

- Para la muestra completa.
- Submuestra de las mismas horas en que se realizaron las mediciones con radar que se detallan en el anexo 5.1, para el periodo de miércoles 24 de mayo a viernes 26 de mayo (pues los otros días el aparato no midió bien).

5.12.1 Análisis de la muestra completa

MetroCount Traffic Executive
Histograma de la Velocidad

HistVel-11 -- Español (ESC)

Series de Datos:
Sitio: **[Peaje Florencio A] Sentido Cartago-San José**
Sentido de Circulación: 8 - Sentido Hacia el Este A>B, Sentido Hacia el Oeste B>A., **Carril:** 0
Duración de los Aforos: 10:00 Martes, 23 de Mayo de 2006 => 12:14 Martes, 30 de Mayo de 2006
Archivo: C:\Documents and Settings\Helberth\Desktop\Tesis\lanamme metro count\Peaje Florencio A31May2006.EC0 (Plus)
Identificador: S699XJMF MC56-L5 [MC55] (c)Microcom 19Oct04
Algoritmo: Factory default
Tipo de Datos: Sensores de Ejes - En Pares (Clase, Velocidad, Recuento)

Perfil:
Hora del Filtro: **10:00 Martes, 23 de Mayo de 2006 => 12:14 Martes, 30 de Mayo de 2006**
Clases Incluidas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
Intervalo de Velocidades: 10 - 160 km/h.

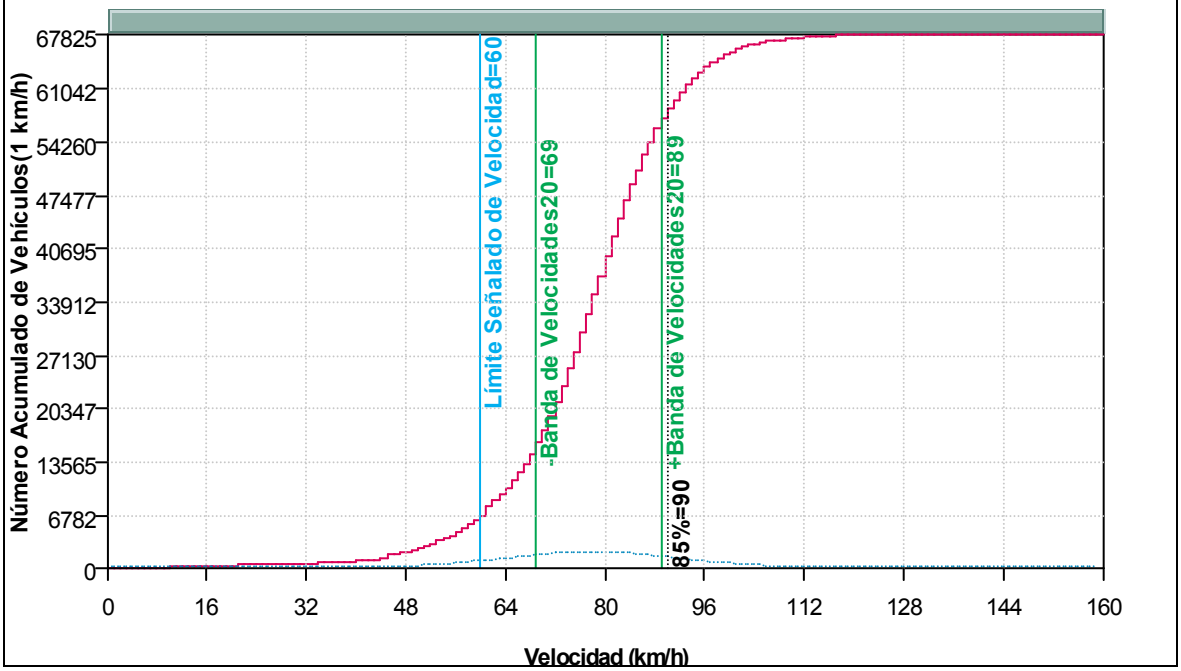
Sentido de Circulación: Norte, Este, Sur, Oeste (Acotado)
Separación: Todos - (Intervalo Vehicular)
Nombre: Factory default profile
Esquema: Clasificación Vehicular (Scheme Axle)
Unidades: Métrico (metro, kilómetro, m/s, km/h, kg, Tonelada Métrica (kg))
En el Perfil: Vehículos = 67825 / 68297 (99,31%)

Resultados Estadísticos de Velocidad

Vehículos = 67825
Límite Señalado de Velocidad = 60 km/h, Mayor de = 61920 (91,29%), Media Mayor de = 80,59 km/h
Máximo = 154,2 km/h, **Mínimo** = 10,0 km/h, **Media** = 77,9 km/h
85% Velocidad = 90,4 km/h, **95% Velocidad** = 98,3 km/h, **Mediana** = 78,5 km/h
20 km/h Banda de Velocidades = 69 - 89, **Número en Banda de Velocidades** = 41393 (61,03%)
Variancia = 189,23, **Desviación Estándar** = 13,76 km/h

Histograma de la Velocidad

HistVel-11 (Métrico) **Sitio:** Peaje Florencio A.0WE
Descripción: Sentido Cartago-San José
Hora del Filtro: 10:00 Martes, 23 de Mayo de 2006 => 12:14 Martes, 30 de Mayo de 2006
Filtro: Cls(1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11) Sentido(NESO) Vel.(10,160) Intervalo Vehicular(>0)
Esquema: Clasificación Vehicular (Scheme Axle)



5.12.2 Análisis de la submuestra similar a este proyecto.

MetroCount Traffic Executive
Histograma de la Velocidad

HistVel-6 -- Español (ESC)

Series de Datos:
Sitio: **[Peaje Florencio A] Sentido Cartago-San José**
Sentido de Circulación: 8 - Sentido Hacia el Este A>B, Sentido Hacia el Oeste B>A., **Carril:** 0
Duración de los Aforos: 10:00 Martes, 23 de Mayo de 2006 => 12:14 Martes, 30 de Mayo de 2006
Archivo: C:\Documents and Settings\Helberth\Desktop\Tesis\lanamme metro count\Peaje Florencio A31May2006.EC0 (Plus)
Identificador: S699XJMF MC56-L5 [MC55] (c)Microcom 19Oct04
Algoritmo: Factory default
Tipo de Datos: Sensores de Ejes - En Pares (Clase, Velocidad, Recuento)

Perfil:
Hora del Filtro: **10:00 Martes, 23 de Mayo de 2006 => 12:14 Martes, 30 de Mayo de 2006** (Con Exclusiones)

Se excluyen vehículos en las horas siguientes:
Lunes: 00:00-08:00, 12:00-00:00,
Martes: 00:00-08:00, 12:00-00:00,
Miércoles: 00:00-08:00, 12:00-00:00,
Jueves: 00:00-08:00, 12:00-00:00,
Viernes: 00:00-08:00, 12:00-00:00,
Sábado: 00:00-08:00, 12:00-00:00,
Domingo: 00:00-08:00, 12:00-00:00,
Se excluyen los días enteros siguientes:
Martes, 23 de Mayo de 2006
Sábado, 27 de Mayo de 2006
Domingo, 28 de Mayo de 2006
Lunes, 29 de Mayo de 2006
Martes, 30 de Mayo de 2006

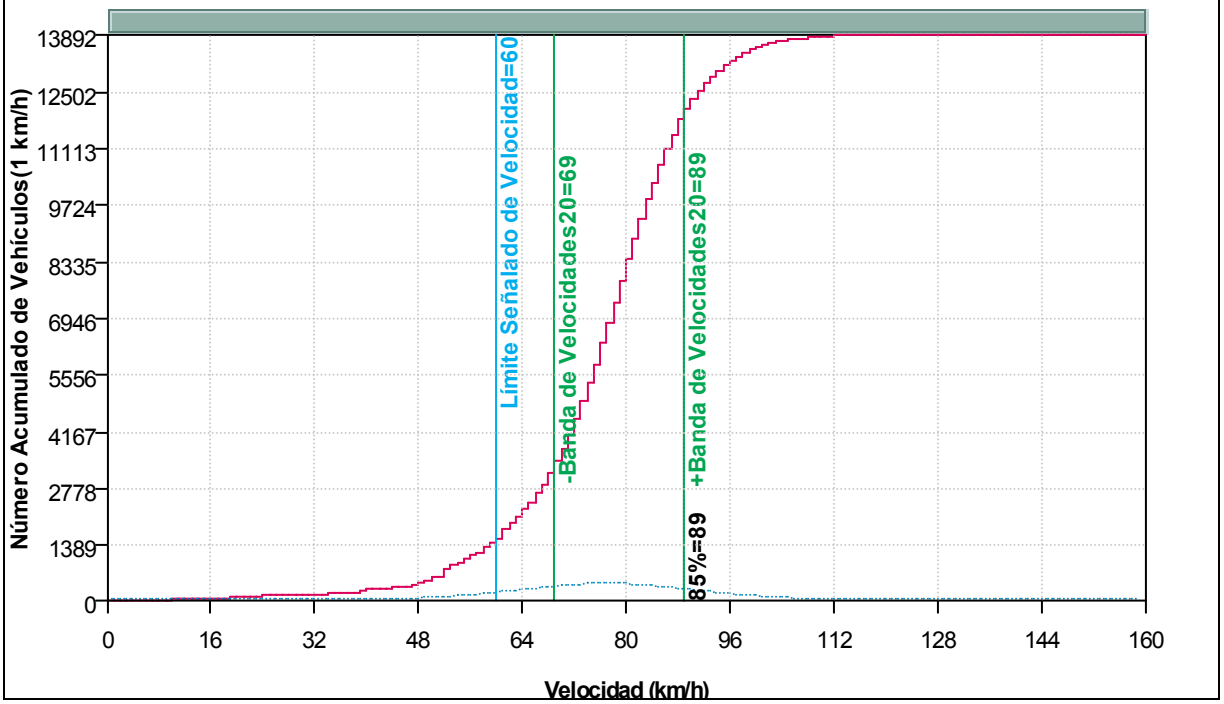
Clases Incluidas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
Intervalo de Velocidades: 10 - 160 km/h.
Sentido de Circulación: Norte, Este, Sur, Oeste (Acotado)
Separación: Todos - (Intervalo Vehicular)
Nombre: Factory default profile
Esquema: Clasificación Vehicular (Scheme Axle)
Unidades: Métrico (metro, kilómetro, m/s, km/h, kg, Tonelada Métrica (kg))
En el Perfil: Vehículos = 13892 / 68297 (20,34%)

Resultados Estadísticos de Velocidad

Vehículos = 13892
Límite Señalado de Velocidad = 60 km/h, Mayor de = 12499 (89,97%), Media Mayor de = 80,04 km/h
Máximo = 137,1 km/h, **Mínimo** = 10,7 km/h, **Media** = 76,9 km/h
85% Velocidad = 88,9 km/h, **95% Velocidad** = 96,5 km/h, **Mediana** = 78,1 km/h
20 km/h Banda de Velocidades = 69 - 89, **Número en Banda de Velocidades** = 8728 (62,83%)
Variancia = 188,28, **Desviación Estándar** = 13,72 km/h

Histograma de la Velocidad

HistVel-6 (Métrico) **Sitio:** Peaje Florencio A.0WE
Descripción: Sentido Cartago-San José
Hora del Filtro: 10:00 Martes, 23 de Mayo de 2006 => 12:14 Martes, 30 de Mayo de 2006 (Con Exclusiones)
Filtro: Cls(1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11) Sentido(NESO) Vel.(10,160) Intervalo Vehicular(>0)
Esquema: Clasificación Vehicular (Scheme Axle)



5.13. Pruebas de hipótesis.

5.13.1 Comparaciones de diferencias de medias de fin de semana y entre semana.

Tabla 5-2: Comparación de las medias de velocidad, de la etapa anterior, de fin de semana y entre semana con su respectiva probabilidad de ser distintos entre sí.

Punto (m).	Tamaño de Muestra Entre Semana (#).	Tamaño de Muestra Fin de Semana (#).	Desviación Estándar Entre Semana (KPH).	Desviación Estándar Fin de Semana (KPH).	Promedio de Velocidad Entre Semana (KPH).	Promedio de Velocidad Fin de Semana (KPH).	Valor Estadístico Calculado.	Valor Estadístico Tabulado.	Probabilidad de que sean Distintos (%).
-1500	160	80	11,4226	10,9515	78,0938	78,0375	0,0370	1,645	51,47%
-1000	160	80	12,5921	11,7028	73,1063	75,7375	1,6005	1,645	94,53%
-500	160	80	10,6693	12,3108	75,2688	76,9625	1,0492	1,645	85,30%
0	160	80	9,7085	10,3808	74,9000	77,9000	2,1560	1,645	98,45%
500	160	80	10,5932	12,4186	74,4000	76,8250	1,4956	1,645	93,26%
1000	160	80	9,9870	11,4259	72,1188	75,8250	2,4679	1,645	99,32%
1500	160	80	10,6691	10,6209	73,5813	79,6750	4,1837	1,645	100,00%

Tabla 5-3: Comparación de las medias de velocidad, de la etapa posterior, de fin de semana y entre semana con su respectiva probabilidad de ser distintos entre sí.

Punto (m).	Tamaño de Muestra Entre Semana (#).	Tamaño de Muestra Fin de Semana (#).	Desviación Estándar Entre Semana (KPH).	Desviación Estándar Fin de Semana (KPH).	Promedio de Velocidad Entre Semana (KPH).	Promedio de Velocidad Fin de Semana (KPH).	Valor Estadístico Calculado.	Valor Estadístico Tabulado.	Probabilidad de que sean Distintos (%).
-1500	574	492	9,0099	8,9622	80,3719	81,2535	1,5970	1,96	94,49%
-1000	574	492	7,1951	7,3203	78,7770	79,5467	1,7251	1,96	95,77%
-500	574	492	6,5933	7,1637	76,2870	77,3085	2,4074	1,96	99,20%
0	574	492	7,9592	9,4358	74,6215	73,2034	2,6274	1,96	99,57%
500	574	492	6,3430	7,2673	73,5000	74,1217	1,4758	1,96	93,00%
1000	574	488	6,3370	6,3627	73,7361	75,2557	3,8861	1,96	99,99%
1500	574	492	10,2071	10,2656	74,6834	75,8515	1,8570	1,96	96,83%

5.13.2 Diferencia de las medias Anterior - Posterior.

Prueba z para medias de dos muestras

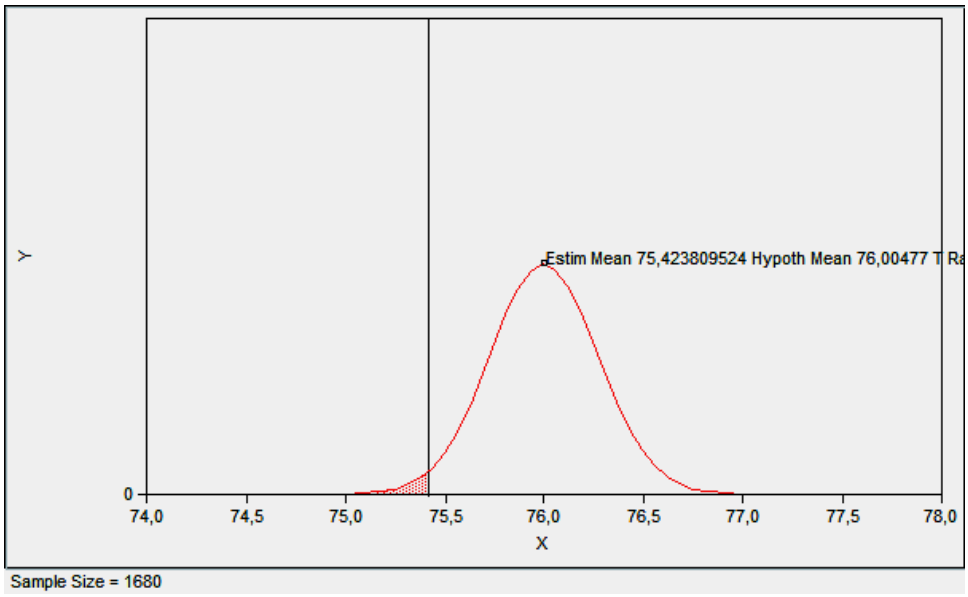
H0: Media Anterior = Media Posterior

H1: Media Anterior ≠ Media Posterior

	Anterior	Durante
Media	75,42380952	76,00477481
Varianza (conocida)	125,31	143,52
Observaciones	1680	7749
V calculado	-1,903930632	
Significancia	0,05	
Confianza	0,95	
Tipo	2	colas
V teórico	1,959963985	
Resultado	Rechazo H0	

$$Vc = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Al 95 % de confianza no ha y certeza estadística de que la velocidad media anterior sea distinta de la velociodad media posterior.



5.13.3 Pendiente de recta de regresión del Antes es menor a cero.

Parameter Estimates[48]

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	75,42381	0,272708	276,57	0,0000
Punto	-0,000662	0,000273	-2,43	0,0153

Linear Regression Analysis - Velocidad[49]

r	r^2	Aj. r^2	SE	Observ.
0,059	0,004	0,003	11,178	1680

Source of Variation	Sum of Squares	DoF	Mean Squares	F Test Statistic	p-Value One Tailed
Regression	736,7001488	1	736,7	5,896	0,0153
Residual	209651,5475	1678	124,941		
Total	210388,2476	1679			

[48] Con JMP.

[49] Revisión con Lumenaut.

5.14. Efecto de paralaje.

El efecto de paralaje[50] consiste en la desviación angular de la posición aparente de un objeto, dependiendo del punto de vista elegido. Este efecto es muy claro de observar en la Figura 5-2, en la cual las figuras geométricas son registradas en distinto orden debido a la posición distinta de los observadores A y B.

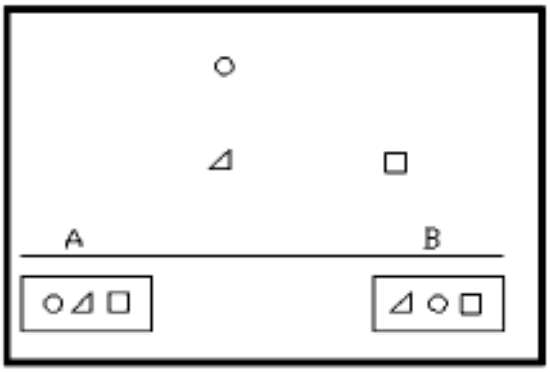


Figura 5-2: Efecto de paralaje, los observadores A y B, registrarán distinto orden de objetos, debido a su punto de vista.

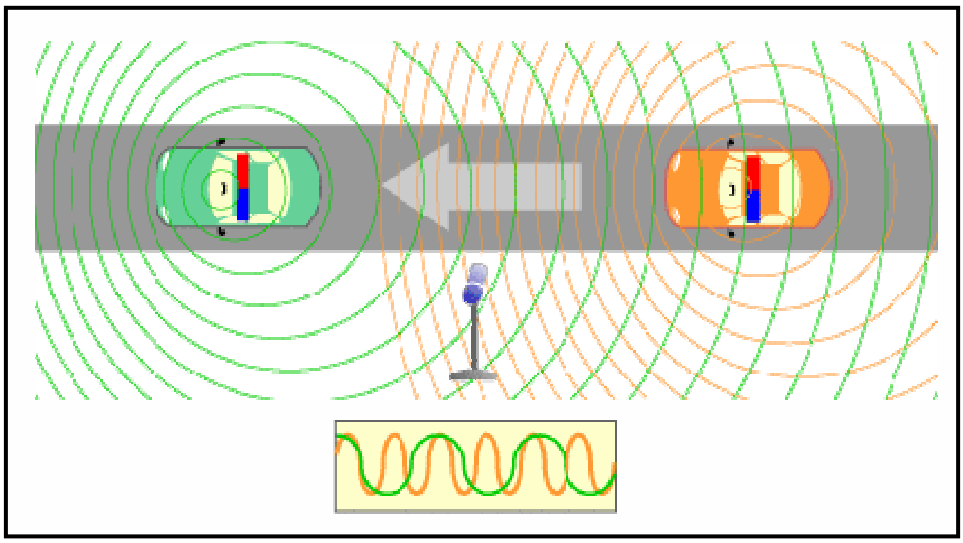
Otra ilustración muy sencilla, para comprender en que consiste el efecto del paralaje, es la siguiente: sosténgase el dedo índice de la mano recto delante de los ojos y cerrar alternativamente una vez el ojo derecho y otra el izquierdo; esto producirá la ilusión óptica de que el dedo se desplaza con respecto a los objetos que están en el fondo.

Este efecto es muy importante en otros campos, como la Astronomía y la Fotografía.

[50] El primero en estudiar a fondo este fenómeno fue Friedrich Wilhelm Bessel, matemático y astrónomo alemán, (1786-1846), quien además fue quien sistematizó las conocidas funciones de Bessel.

5.15. Efecto Doppler.

El fenómeno[51] consiste en la variación de la longitud de onda, emitida o recibida por un objeto en movimiento. Lo anterior se ilustra gráficamente en la Figura 5-3.



Fuente: Jeremy Kemp, 2/10/05, creada en Adobe Illustrator, 2/10/05,

disponible en: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7f/Doppler-effect-two-police-cars-diagram.png

Figura 5-3: Ilustración del efecto Doppler, una fuente fija recibe ondas sonoras con diferente frecuencia, según la velocidad y posición de la fuente emisora respecto al receptor.

La aplicación de este fenómeno a ondas sónicas es el principio por el cual funcionan los radares de detección de velocidad, y los ultrasonidos. Además la comprensión de este fenómeno le permitió a Edwin Hubble, determinar que el universo se está expandiendo, al descubrir que el espectro fotocromático emitido por galaxias lejanas, experimenta un corrimiento hacia el rojo, (en caso de que el universo se estuviera contrayendo, habría encontrado un corrimiento hacia el azul.)

[51] Llamado así en honor a Christian Andreas Dop

pler, (1803-1853), matemático y físico austriaco. Lo demostró subiendo a unos músicos a un tren y dejando otros en la estación, indicándoles a ambos que tocaran la misma nota musical, el efecto observado es el mismo que escuchamos al acercarse o alejarse una ambulancia con su sirena encendida, o sea el cambio de un tono más agudo a uno más grave conforme la fuente emisora se acerca al oyente.