

EVALUACIÓN DEL USO DE AUTOSCOPE PARA CONTEOS AUTOMÁTICOS DE VEHÍCULOS EN INTERSECCIONES

por

Nelson R. Gómez Torres

Informe de Proyecto sometido para cumplir parcialmente los requerimientos del grado de

MAESTRIA EN INGENIERIA

en

INGENIERIA CIVIL
(TRANSPORTACIÓN)

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO EN MAYAGÜEZ
2006

Aprobado por:

Felipe Luyanda Villafañe, D.E.
Miembro de Comité Graduado

Fecha

Sergio González Quevedo, Ph.D.
Miembro de Comité Graduado

Fecha

Didier M. Valdés Díaz, Ph.D.
Presidente de Comité Graduado

Fecha

Freya Toledo Feria, M.S.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Ismael Pagán Trinidad, MSCE
Director del Departamento

Fecha

ABSTRACT

This work presents a study that determines which non-intrusive equipment of automatic vehicle detection is better counting vehicles at intersections. After the literature review, the most promising was the technology that uses video images to detect vehicles. The video technology (Autoscope) was tested on intersections with different compositions in terms of: number of lanes, movement distribution and cameras installation position. The vibration of the installation point, groups of pedestrians and bird population affect adversely the operation. If a lane is used by two or more movements, the system proves to be ineffective with errors up to 58.6%. If the movements in the intersections are made from exclusives lanes, the error is less than 8%.

RESUMEN

Este trabajo presenta un estudio para determinar que equipo trabaja mejor en la toma de datos de volumen vehicular en intersecciones, sin interrumpir el flujo normal del tráfico. Luego de estudiar la literatura se determinó que la tecnología más prometedora era la de detección de vehículos a través de video-imágenes. Se probó dicha tecnología (Autoscope) en intersecciones con distintas composiciones en términos de: número de carriles, exclusividad de movimientos y lugares de instalación de cámaras. El sistema demostró ser ineficaz cuando un carril es usado para dos o más movimientos, resultando con errores de hasta 58.6%. Además la vibración del lugar donde se instala la cámara, grupos de peatones y la población de aves, pueden afectar adversamente la operación. Finalmente si los movimientos de virajes en las intersecciones son a través de carriles exclusivos, la diferencia entre los volúmenes contados por el equipo y los reales tienen un error por debajo del 8%.

A Dios y a mi esposa Kathy.
Gracias a su apoyo, comprensión
y amor he podido culminar esta
importante etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A través de mi paso por la Escuela Graduada del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez varias personas e instituciones me han ayudado a completar mi investigación. Utilizo esta sección para agradecerles.

Primeramente quiero agradecer al Dr. Didier M. Valdés Díaz, Presidente de mi comité graduado, profesor y amigo; que me permitió trabajar bajo su supervisión y con mano amiga ha ayudado a moldear el profesional que deseo ser. Además agradezco al Dr. Felipe Luyanda Villafañe y al Dr. Sergio González Quevedo cuyas contribuciones han permitido mejorar este proyecto y convertirlo en uno digno de nuestra gran institución.

Por otro lado quiero agradecer a las personas que han cooperado conmigo en la realización de este estudio, primeramente a la Ing. Erika Alicea por su contribución en la búsqueda de información y por el tema de esta investigación. Asimismo agradezco a Héctor Santiago y Lysmary Gavillán quienes me ayudaron a efectuar los estudios de campo y parte del informe presentado a la Autoridad de Carreteras y Transportación sobre este tema. Igualmente agradezco la ayuda del Ing. Jorge Rivera y de Carlos Cruz para el montaje de las cámaras durante las pruebas de instalación completa. A todas las personas que han colaborado conmigo, gracias.

Conjuntamente deseo agradecer a la Universidad de Puerto Rico y a la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT) del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, en particular a los ingenieros José R. Pesante y Enrique Burgos por su interés en el tema y por proveer gran parte de los fondos para la culminación de este estudio. Por último, pero no menos importante, agradezco a mi esposa Katherine Steele por su ayuda y amor incondicional, además de darme apoyo físico y emocional para finalizar este estudio.

TABLA DE CONTENIDO

Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tablas	ix
Lista de Acrónimos	x
I. Introducción	1
A. Objetivos	2
B. Planteamiento del Problema	2
II. Tecnologías para Conteos Automáticos en Intersecciones.....	7
A. Detectores Magnéticos.....	7
B. Detectores Infrarrojos	9
C. Detectores de Microonda	12
D. Detectores de Imágenes a través de Video	13
E. Detectores de Sonido y Ultrasónico.....	14
F. Encuestas.....	16
III. Metodología.....	18
IV. Selección de Tecnología no Intrusiva.....	20
A. Costos de Implantación.....	24
V. Selección de Intersecciones	26
A. Intersección Calle Martínez Nadal con Calle Méndez Vigo	27
B. Intersección Carretera PR-2 con Calle Carolina.....	30
C. Intersección Carretera PR-100 con Carretera PR-3311.....	33
D. Intersección Carretera PR-100 con Carretera PR-102.....	35
VI. Pruebas de los Equipos	39

A.	Prueba en Casco Urbano de Mayagüez	40
B.	Prueba en Zona Urbana.....	43
1.	Parte I.....	43
2.	Parte II.....	45
C.	Prueba en Zona Rural.....	48
D.	Prueba en Zona Suburbana	53
1.	Prueba en el Campo	54
2.	Prueba en el Laboratorio.....	56
E.	Pruebas de Instalación Completa con otro Equipo	60
1.	Diferencias Básicas entre Peek y Autoscope.....	62
2.	Instalación	64
3.	Estudio de Caso.....	69
F.	Análisis de Datos	70
VII.	Conclusiones y Recomendaciones.....	76
VIII.	Bibliografía	83
IX.	Lista de Apéndices.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura II-1	Equipo Magnético Canoga, producido por la compañía 3M.....	8
Figura II-2	Detector Infrarrojo.....	10
Figura II-3	Instalación básica de un detector infrarrojo.....	11
Figura II-4	Ejemplo de <i>Tracking</i>	13
Figura II-5	Tecnología utilizada por los DOT	17

Figura II-6 Interés en tecnología no intrusiva.....	17
Figura V-1 Vista en Planta de la intersección.....	27
Figura V-2 Área de instalación de equipo en Antiguo Teatro.....	28
Figura V-3 Estacionamiento lateral.....	28
Figura V-4 Intersección semaforizada.....	29
Figura V-5 Edificio abandonado próximo a intersección.....	29
Figura V-6 Vista en planta de la intersección.....	30
Figura V-7 Puente peatonal sobre Carretera PR-2.....	31
Figura V-8 Vista hacia el Norte Carretera PR-2.....	31
Figura V-9 Entrada a la intersección desde la Calle Carolina.....	32
Figura V-10 Vista hacia el Sur Carretera PR-2.....	32
Figura V-11 Vista en Planta de la intersección.....	33
Figura V-12 Poste de instalación.....	34
Figura V-13 Área de evaluación.....	34
Figura V-14 Vista en planta de la intersección.....	35
Figura V-15 Área de evaluación.....	37
Figura V-16 Lugar de instalación del equipo.....	37
Figura V-17 Estructuras adyacentes a la intersección.....	38
Figura VI-1 Camión con Canastilla.....	48
Figura VI-2 Montaje de Cámara en poste de alumbrado.....	49
Figura VI-3 Cámara instalada en Poste.....	49
Figura VI-4 Imagen y detectores de Autoscope.....	50
Figura VI-5 Agua salpicada por neumáticos traseros.....	50

Figura VI-6 Imagen y detectores de Autoscope en la Int. de la PR-100 con PR-102.	53
Figura VI-7 Relocalización de detectores.....	56
Figura VI-8 Largos del cableado en intersecciones	64
Figura VI-9 Curva de Frecuencia de la prueba en Zona Suburbana en laboratorio.	70
Figura VI-10 Curva de Frecuencia de la segunda prueba en Zona Urbana.....	71
Figura VI-11 Curva de Frecuencia acumulada de la prueba en la Zona Rural.....	72
Figura VI-12 Por ciento de Errores Zona Urbana II.....	73
Figura VI-13 Unidad Compleja de Video-Detección	75

LISTA DE TABLAS

Tabla IV-1 Características generales y de instalación de los equipos. [1].....	22
Tabla IV-2 Factores ambientales que afectan el funcionamiento de los equipos. [1]	23
Tabla VI-1 Conteo Vehicular en Períodos de 15 min.....	41
Tabla VI-2 Resultados generales.....	41
Tabla VI-3 Segunda Prueba, Parte I.	44
Tabla VI-4 Resultados generales.....	44
Tabla VI-5 Segunda Prueba, Parte II.....	45
Tabla VI-6 Resultados generales.....	46
Tabla VI-7 Resultados de la prueba en zona rural.....	51
Tabla VI-8 Resultados generales de zona rural.....	52
Tabla VI-9 Resultados de la prueba en zona urbana.....	55
Tabla VI-10 Resultados generales en zona suburbana.....	56
Tabla VI-11 Movimientos en zona suburbana realizada en el laboratorio.....	58

Tabla VI-12 Resultados generales en zona suburbana realizada en el laboratorio.....	59
Tabla VI-13 Conteos Manuales	74
Tabla VI-14 Autoscope sobre Postes	74
Tabla VI-15 Unidad Compleja de Video-Detección	75

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACT – Autoridad de Carreteras y Transportación

AEE – Autoridad de Energía Eléctrica

ATR – Automatic Traffic Recorder

Autoscope – denomina AUTOSCOPE CORP

DOT – Department of Transportation (USA)

DTOP – Departamento de Transportación y Obras Públicas

PEEK – denomina PEEK TRAFFIC

PR – Puerto Rico

UPR – Universidad de Puerto Rico

UPRM – Universidad de Puerto Rico en Mayagüez

USA – United States of America

I. INTRODUCCIÓN

En Puerto Rico los métodos de recolección de datos en intersecciones, tales como volumen de tráfico, longitudes de cola y demoras, se realizan de manera manual. Este método no resulta efectivo debido a la demanda en personal, tiempo extensivo para poder realizar conteos manuales y cálculo de parámetros. En la actualidad existen diversas tecnologías que permiten realizar dichos conteos de forma más eficiente [1].

Con el propósito de mejorar la calidad de estudios en conteos vehiculares existentes, se evaluó la tecnología de detección de vehículos a través de imágenes de video. Esta investigación fue realizada con el apoyo de la Autoridad de Carreteras y Transportación de Puerto Rico por su continuo interés en mejorar y actualizar los métodos utilizados en el campo. Las pruebas consisten en analizar conteos vehiculares en intersecciones semaforizadas. Como área de observación se utilizaron diversas intersecciones en los municipios de Mayagüez y Cabo Rojo.

En este informe se presentan los resultados de la investigación que se realizó acerca de las metodologías no intrusivas existentes y los respectivos equipos necesarios para obtener datos de tránsito en intersecciones. También se presenta la evaluación de las condiciones bajo las cuales operan dichos equipos y se incluyen los factores que pueden afectar la implantación de éstos en los sistemas de transportación en Puerto Rico.

Con la intención de conocer las técnicas utilizadas en diferentes partes de Estados Unidos, se realizó una encuesta. De esta encuesta se observó que la mayoría de los departamentos de transportación en Estados Unidos realizan actualmente sus conteos

utilizando métodos manuales. Además se encontró un gran interés de parte de la agencias en utilizar tecnologías no intrusivas.

El propósito principal de este estudio es determinar si el uso de la tecnología de detección de vehículos a través de imágenes de video es la más apropiada en Puerto Rico. Como ejemplo de esa tecnología se escogieron los equipos Autoscope de Image Sensing System. A dicha tecnología se le hizo una serie de pruebas de campo en el área oeste de la Isla. Las pruebas consisten en evaluar las ventajas y limitaciones de la tecnología seleccionada, además de realizar recomendaciones al respecto.

A. Objetivos

El propósito principal del estudio es recomendar una tecnología para conteos automáticos en intersecciones para que sea utilizada en Puerto Rico. Los siguientes objetivos específicos se establecieron para lograr el propósito principal:

- 1) Revisar la literatura en búsqueda de las diferentes tecnologías y equipos que se pueden utilizar para toma de datos en intersecciones, en forma automática.
- 2) Revisar en la literatura la eficacia de cada tecnología bajo diferentes condiciones.
- 3) Seleccionar **una** de las tecnologías evaluadas para realizar pruebas.
- 4) Revisar la exactitud del sistema escogido para determinar su eficacia.
- 5) Determinar los recursos necesarios para implementar la tecnología evaluada.

B. Planteamiento del Problema

El monitoreo de los volúmenes de tráfico es el elemento básico que utiliza la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT) en Puerto Rico, para estudiar el tráfico

en intersecciones. Estos estudios son vitales para determinar las operaciones de tráfico y cambios tanto en la geometría de las intersecciones como en los sistemas de control. Además, el conocimiento de las características del flujo vehicular y peatonal en un área sirve como indicador general de la condición económica en el lugar ya que, a mayor movilidad de las personas, mayor es la vitalidad económica del área.

En Puerto Rico la toma de datos en intersecciones se realiza mayormente de manera manual. Los tubos de presión neumáticos que contabilizan el número de ejes que pasan por una sección de vía se utilizan con menor frecuencia. Ambos métodos de toma de datos presentan los siguientes problemas:

- **Seguridad.** En intersecciones principales con alto flujo vehicular durante las 24 horas del día, instalar equipo de conteo como los tubos de presión no es seguro. En cuanto a los conteos manuales el personal está expuesto al tráfico del lugar (accidentes tipo automóvil-peatón) y a problemas de criminalidad, si alguno, que exista en el área [2].
- **Costos.** Por lo general, el costo de conteos manuales es alto debido a que incluye el pago de dietas, transportación y horas extras del personal envuelto. Los tubos de presión son una manera eficiente de realizar conteos cortos, pero su instalación permanente es muy costosa.
- **Interrupciones de tráfico.** La instalación de tubos de presión conlleva el cerrar parcial o completamente el área para garantizar la seguridad de las personas que los instalan.
- **Geometría.** El conteo de vehículos en intersecciones tiene un mayor grado de dificultad que los conteos en segmentos longitudinales de carretera, debido a

la confluencia en el área común de la intersección de movimientos (izquierda y derecha) procedentes de los accesos de la intersección. La tarea puede complicarse cuando existen múltiples carriles ya que la instalación de tubos neumáticos en todos los carriles resulta muy costosa [3]. De igual manera, conteos manuales en intersecciones con múltiples carriles requieren una cantidad mayor de personal y mayor tiempo de preparación para el mismo.

- **Condiciones climatológicas.** Varios factores climatológicos, tales como lluvia; viento y altas temperaturas, ponen en riesgo al personal que realiza conteos manuales. La lluvia también puede afectar los tubos de presión ya que los mismos no pueden ser instalados mientras el pavimento está mojado [4].

Por tales razones es evidente la necesidad de un equipo de toma de datos que sustituya los conteos manuales.

Se han desarrollado varias tecnologías que no interrumpen el flujo vehicular y sustituir los conteos manuales. Además, los equipos necesarios para realizar las mediciones se pueden instalar de una manera segura. Algunas de estas tecnologías son las siguientes:

- **Equipos Magnéticos.** Los mismos operan detectando los cambios en el campo magnético de la tierra que genera la presencia de un vehículo en un punto en la carretera. Este cambio ocurre cuando los componentes metálicos del vehículo pasan a través de un sensor magnético. Estos equipos pueden detectar el volumen, velocidad, clasificación y presencia de un vehículo. El precio aproximado en Estados Unidos oscila entre \$90 por cada detector hasta

\$2,000¹ por un sistema completo, dependiendo de la compañía que produce el sistema y del modelo que se desee utilizar de acuerdo con los datos que se quieran obtener en el estudio.

- **Infrarrojos pasivos y activos:** los dispositivos infrarrojos detectan la radiación infrarroja que llega al detector. Los detectores infrarrojos pasivos son aquellos que detectan la diferencia entre la radiación infrarroja que emite el pavimento y la radiación infrarroja que emite el calor del motor de un vehículo. Los detectores infrarrojos activos transmiten una pequeña cantidad de radiación infrarroja a un punto del pavimento para detectar la diferencia entre la radiación infrarroja que emite el pavimento y la radiación infrarroja que emite el calor del motor de un vehículo. Precio aproximado de los infrarrojos pasivos es de \$800 a \$1,500. Los activos tienen un precio aproximado de \$6,500 a \$15,000.
- **Microonda:** en esta clasificación se encuentran los radares y *doppler*. Los radares se pueden clasificar en microondas y pulso. Los radares de microonda transmiten una señal de microonda de baja intensidad a un punto establecido en el pavimento la cual rebota al detector. Los radares de pulso o simplemente radares son aquellos que miden el tiempo que le toma a la radiación de microonda en reflejarse desde un punto establecido hasta el receptor. Por otro lado el *doppler* analiza los cambios en frecuencia de una señal reflejada para poder calcular la velocidad del vehículo. Los radares tienen un precio

¹ Los costos aproximados de los equipos en este capítulo fueron extraídos de la Referencia 1.

aproximado de \$3,300. Los *Doppler* tienen un precio aproximado de \$600 a \$1,000.

- **Video:** este tipo de detectores puede analizar las imágenes de un punto en el pavimento para simular las operaciones de un detector de anillos de inducción. Hay diferentes equipos que pueden determinar diferentes parámetros como velocidad, densidad, largo de cola entre otros. Dependiendo de la tecnología que se quiera obtener, su precio varía entre \$3,000 y \$25,000.
- **Sonido y ultrasonido:** los detectores de sonido utilizan un receptor que detecta la energía que genera un vehículo cuando pasa por el lugar de estudio. Estos detectores pueden también determinar la clasificación del vehículo debido a que se generan ondas de sonido específicas para cada tipo de vehículo. Los detectores por ultrasonido transmiten ondas de ultrasonido a un punto determinado el cual se refleja a un receptor. Su precio oscila entre \$600 y \$7,000 dependiendo de la casa que lo fabrica y el modelo.

En el próximo capítulo se hablara más a fondo acerca de cada una de las tecnologías. Luego se describe la metodología utilizada en este proyecto. Además se indica porqué fue seleccionado *Autoscope* para realizar pruebas y como fueron diseñadas las mismas. Finalmente se provee una serie de conclusiones y recomendaciones.

II. TECNOLOGÍAS PARA CONTEOS AUTOMÁTICOS EN INTERSECCIONES

Entre las tecnologías identificadas y analizadas en este estudio incluyen los equipos infrarrojo pasivo y activo, detectores magnéticos, radares microondas y Doppler, sensores acústicos pasivos, ultrasonido y equipo de video. Cada una de estas tecnologías es útil para estudios de tráfico. Sin embargo, ninguna de estas tecnologías se ha utilizado a gran escala para sustituir los métodos tradicionales de recolección de datos de tráfico en intersecciones.

Todos los equipos mencionados, excepto los detectores ultrasónicos y sensores acústicos pasivos, utilizan energía electromagnética para detectar la presencia de un vehículo. Los equipos de video utilizan longitudes mínimas de ondas electromagnéticas, seguido por infrarrojo activo, infrarrojo pasivo, microonda y por último los detectores magnéticos, los cuales utilizan la mayor longitud de onda entre todos estos equipos. A continuación se discuten de forma más detallada cada una de las tecnologías revisadas.

A. Detectores Magnéticos

Los detectores magnéticos perciben cambios en un campo magnético, que se localiza en el pavimento de la carretera. Los componentes del metal de un vehículo, especialmente su motor, causan interrupción en el campo magnético al pasar por el detector, percatándose de la presencia del vehículo. Existen dos tipos importantes de detectores magnéticos: el equipo magnético de inducción y el equipo magnético de eje dual. La Figura II-1 muestra un sensor magnético de inducción desarrollado por la compañía 3M [5].



Figura II-1 Equipo Magnético Canoga, producido por la compañía 3M.

Los equipos magnéticos de inducción detectan cambios de las mediciones en las líneas del flujo magnético cuando los componentes del metal en un vehículo pasan a través de la zona de detección. Otros componentes de un vehículo, tales como el alternador y aros de metal en los neumáticos del vehículo, también causan cambios al campo magnético. El cambio magnético del flujo puede ser observado midiendo los cambios correspondientes en la corriente eléctrica inducida en el sensor. Estas fluctuaciones dan una impresión de la presencia del vehículo, pero no pueden detectar los vehículos que están parados.

Los equipos magnéticos de eje dual detectan cambios en los componentes horizontales y verticales del campo magnético en el área denominada en el pavimento causado por la presencia de un vehículo. Este tipo de sensor puede detectar vehículos en movimiento y vehículos detenidos.

Ambos sensores magnéticos poseen la capacidad de medir volumen vehicular, clasificación de vehículos, espaciamiento temporal, presencia y velocidad. El parámetro

de velocidad se determina mediante algoritmos o utilizando dos sensores en una configuración de trampa de velocidad. Las limitaciones principales de ambos equipos son las siguientes:

- Los detectores pueden sufrir daños causados por vehículos pesados debido a que los dispositivos magnéticos se colocan en la superficie de la carretera. La solución a dicho problema es utilizar dispositivos magnéticos, menores de 3 pulgadas de ancho, que puedan ser instalados en un conducto pequeño agujereado, el cual se instala debajo del pavimento.
- Interrupción del tráfico al instalar los sensores por debajo del pavimento y usos de un taladro para realizar dicha instalación.
- Algunos sensores magnéticos de inducción no pueden detectar los vehículos detenidos en el área del campo magnético.

B. Detectores Infrarrojos

Los sensores infrarrojos detectan la radiación infrarroja² la cual es leída por el detector. Existen dos tipos básicos de detectores infrarrojos: detectores infrarrojos pasivos y detectores infrarrojos activos. Los detectores infrarrojos pasivos detectan los cambios en energía infrarroja emitida o reflejada en la zona de detección. Estos equipos detectan la diferencia entre la cantidad de energía infrarroja emitida y reflejada por el pavimento en la zona de detección y la energía infrarroja que emiten y reflejan los vehículos cuando pasan por la zona de detección. El detector pasivo reconoce la

² Radiación electromagnética con una frecuencia de 1011 a 1014 hertz.

presencia de un vehículo cuando ocurre este cambio de energía infrarroja. Por el contrario, los detectores infrarrojos activos transmiten un rayo láser de poca energía a la zona de detección en el pavimento y miden el tiempo que se tarda el rayo en reflejarse del pavimento al detector. La presencia de un vehículo se determina por la reducción correspondiente en el tiempo en el cual el rayo es reflejado al detector [6]. La Figura II-2 muestra un detector infrarrojo activo. La Figura II-3 muestra un ejemplo de instalación del detector infrarrojo con la zona de detección.



Figura II-2 Detector Infrarrojo.

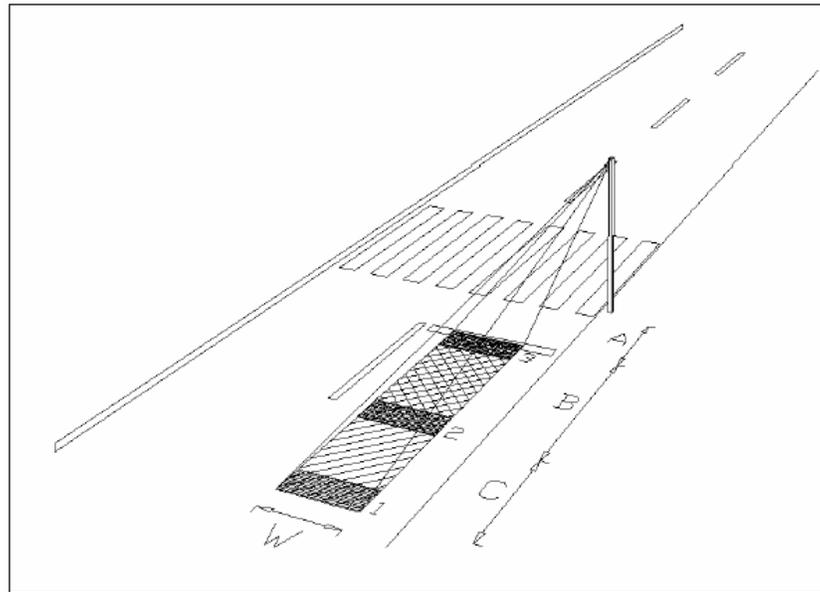


Figura II-3 Instalación básica de un detector infrarrojo.

La mayor ventaja del equipo de detección infrarrojo es que puede trabajar tanto de día como de noche. Este tipo de equipo no se afecta por el reflejo del sol, por las sombras ni por el fulgor de las luces vehiculares. Los detectores infrarrojos pasivos de longitud de onda grande poseen el potencial de detectar a través de la lluvia y neblina.

Los dispositivos infrarrojos pasivos pueden detectar presencia, densidad, velocidad, clasificación, ocupancia y volumen vehicular. Los detectores infrarrojos activos pueden detectar todos estos parámetros excepto ocupancia. La velocidad de los vehículos se determina en ambos detectores utilizando una zona de detección con múltiples detectores.

C. Detectores de Microonda

Los equipos de detección de microondas transmiten una señal de baja energía microonda³ a un área del pavimento que entonces se refleja de nuevo al detector. Los radares que utilizan microonda de pulso miden el tiempo necesario para que una porción de la radiación de la microonda se refleje desde el área de detección al receptor. Los radares de microonda de pulso pueden detectar el volumen, la presencia y la ocupancia. Los radares de microonda continuos, llamados radares Doppler, producen una señal continua a la zona de detección y utilizan el principio de Doppler para analizar el cambio en la frecuencia de la señal reflejada para calcular la velocidad del vehículo. Los radares Doppler pueden detectar el volumen vehicular, la presencia y la velocidad de los vehículos [7].

La teoría de operación básica de los detectores Doppler es que la onda continua transmite la radiación de poca energía de la microonda en un área determinada en el pavimento [8]. El equipo después analiza la señal reflejada. Según el principio de Doppler, el movimiento de un vehículo en la zona de detección causa un cambio en la frecuencia de la señal reflejada. Este cambio indica la detección de vehículos móviles y puede determinar su velocidad. Los sensores de Doppler no pueden detectar los vehículos detenidos, mientras que los sensores de microondas de pulso pueden detectar la presencia de vehículos inmóviles. Un tercer tipo de detector de microonda, el equipo milímetro pasivo, funciona en una longitud de onda más corta que otros sensores de la microonda. Este tipo de equipo es capaz de detectar la energía electromagnética en las frecuencias de

³ Radiación electromagnética con una frecuencia de 109 a 1011 hertz.

la radiación del milímetro de todos los objetos en el área de detección para determinar la presencia de un vehículo.

D. Detectores de Imágenes a través de Video

Los detectores de vehículos que procesan imágenes de videos utilizan un algoritmo de inteligencia artificial, para analizar la entrada de la imagen de video. Se han desarrollado dos métodos de procesamiento de video: *Tripline* y *Tracking*. Los detectores de video *Tripline* analizan la imagen de un área en el pavimento para emular la operación de los detectores inductivos. Los mismos pueden recopilar datos de volumen, velocidad, presencia, ocupancia, densidad, longitud de cola, tiempo de detención, espaciamiento temporal, movimientos de virajes, aceleración, cambios de carril y clasificación vehicular [9]. Los detectores video *Tracking* identifican y siguen el movimiento de un vehículo que entra al campo visual del detector (vea Figura II-4) [10]. Estos pueden recopilar todos los mismos parámetros que los detectores de video *Tripline*, incluyendo conteos de movimiento de virajes y patrones de origen-destino dentro de su campo visual.



Figura II-4 Ejemplo de *Tracking*

Los detectores de video utilizan un microprocesador para analizar la entrada de la imagen de video. Los sensores de video utilizan diversos métodos para la detección. Algunos analizan la imagen de video de un área determinada en el pavimento y procesan el cambio en la imagen de esta área cuando el vehículo pasa por la misma. Otro método identifica cuando un vehículo del área, incorpora el campo visual del video y sigue el vehículo a través de dicho campo visual. Existen otros equipos de video que utilizan una combinación de los dos métodos mencionados. Los equipos de videos pueden utilizarse para la recolección de los siguientes datos: volumen, velocidad, presencia, ocupancia, densidad, longitud de la cola, tiempo de detención, progreso, virajes, aceleración, cambios de carril y clasificación vehicular. Condiciones del ambiente, tales como niebla, lluvia y nieve, pueden afectar el funcionamiento del sistema. La condensación o suciedad causada por el polvo en el lente de la cámara de video también pueden afectar la eficacia del equipo así como condiciones adversas de iluminación, tales como el fulgor del pavimento mojado, la luz del sol y el contraste pobre entre el vehículo y la carretera. Una calibración apropiada es crítica para el buen funcionamiento del equipo en condiciones pobres de iluminación [11].

E. Detectores de Sonido y Ultrasónico

Los detectores sónicos, también llamados detectores acústicos pasivos, utilizan un receptor para detectar el sonido causado por un vehículo cuando transita por la zona de detección para así determinar la presencia del mismo. El dispositivo también puede identificar la clasificación de un vehículo comparando los rasgos sónicos los cuales han sido preprogramados con vehículos de diversas clasificaciones. Los dispositivos acústicos

pasivos tienen la ventaja de trabajar eficazmente en cualquier condición de iluminación y en rangos amplios de temperatura y humedad. Los detectores sónicos pueden detectar volumen, velocidad y la ocupancia de vehículos [12].

Los detectores ultrasónicos transmiten ondas ultrasónicas⁴ a un área del pavimento la cual se refleja a un receptor. Similar a los radares de microonda, los dispositivos ultrasónicos se pueden clasificar en dos tipos: señal de pulso y señal continua, este último mide presencia de vehículos según el principio Doppler. Los radares ultrasónicos de Doppler pueden detectar volumen, presencia y velocidad de los vehículos. Los radares ultrasónicos de pulso pueden detectar el volumen, la presencia y clasificación vehicular.

Los detectores acústicos pasivos utilizan un receptor para detectar la energía producida cuando los vehículos transitan por un área específica, para así determinar la presencia de los mismos. Ambos tipos de detectores se afectan por las condiciones ambientales que inhiben la propagación de ondas acústicas. Tales condiciones incluyen los vientos fuertes y las nevadas o precipitación pesadas. Los vehículos ruidosos, tales como carros que viajan en los carriles adyacentes, pueden producir lecturas falsas. Finalmente, algunos equipos poseen dificultad al medir la ocupancia del carril de vehículos rápidos.

⁴ Pulso de presión sonido con una frecuencia de 20.000 hertz.

F. Encuestas

Con el propósito de conocer las tecnologías utilizadas en los diferentes Departamentos de Transportación de los Estados Unidos (DOT), se realizó una encuesta. La misma consta de un cuestionario que fue enviado a los 54 DOT de los EEUU. Luego de enviados se obtuvo respuestas completas de 21 DOT. Este cuestionario consta de preguntas abiertas y cerradas las cuales indagan sobre las diferentes tecnologías utilizadas para realizar conteos vehiculares. Las preguntas se enfocaron en el tipo de tecnología utilizada y en el interés por el uso de tecnología no intrusiva. Los resultados se presentan en forma resumida en la Figura II-5 y la Figura II-6.

Las preguntas abiertas realizadas exponen las ventajas y limitaciones de las tecnologías intrusivas y no intrusivas. Algunos de los comentarios obtenidos nos muestran las experiencias por las que han pasado los diferentes DOT. En áreas urbanas donde existe flujo vehicular alto no es recomendable utilizar tecnología intrusiva. Para estos casos se toma en consideración la seguridad del personal. Una ventaja encontrada por los DOT, es la utilización de tecnología no intrusiva en localidades donde el pavimento y las condiciones existentes en el área de prueba hagan imposible la colocación de tubos de neumáticos. En algunas situaciones se han instalado equipos no intrusivos permanentes pero todavía no se ha encontrado una alternativa práctica para el conteo manual. La utilización de cámaras se ha llevado a cabo en intersecciones tomando el volumen antes de la intersección y realizando el conteo de virajes manualmente. En las respuestas obtenidas se pudo observar que las circunstancias, encontradas en el área de evaluación, determinan la tecnología utilizada por cada DOT.

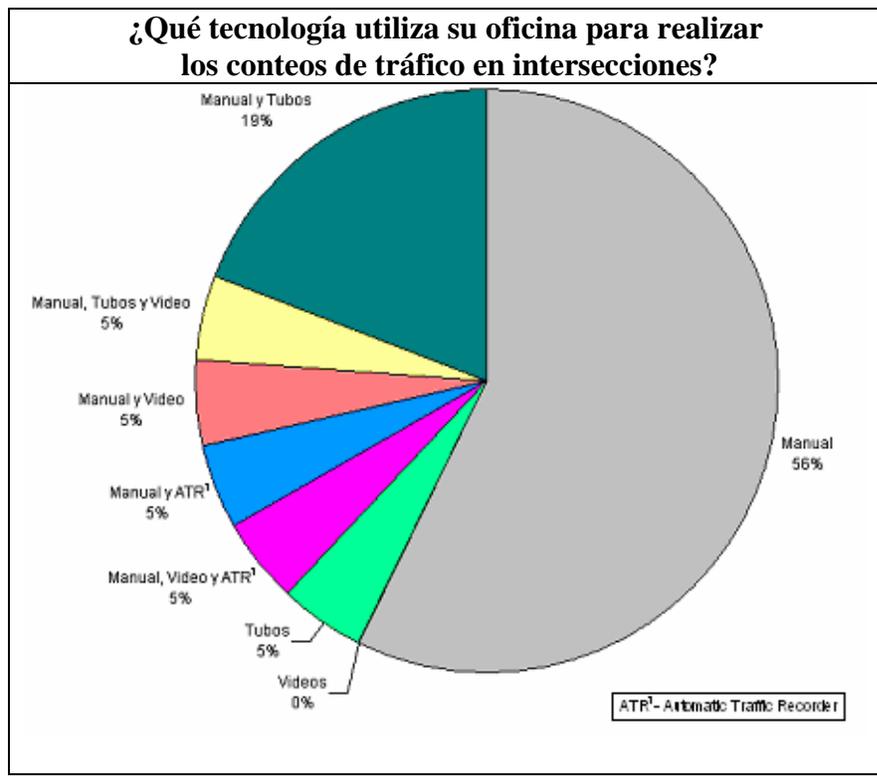


Figura II-5 Tecnología utilizada por los DOT

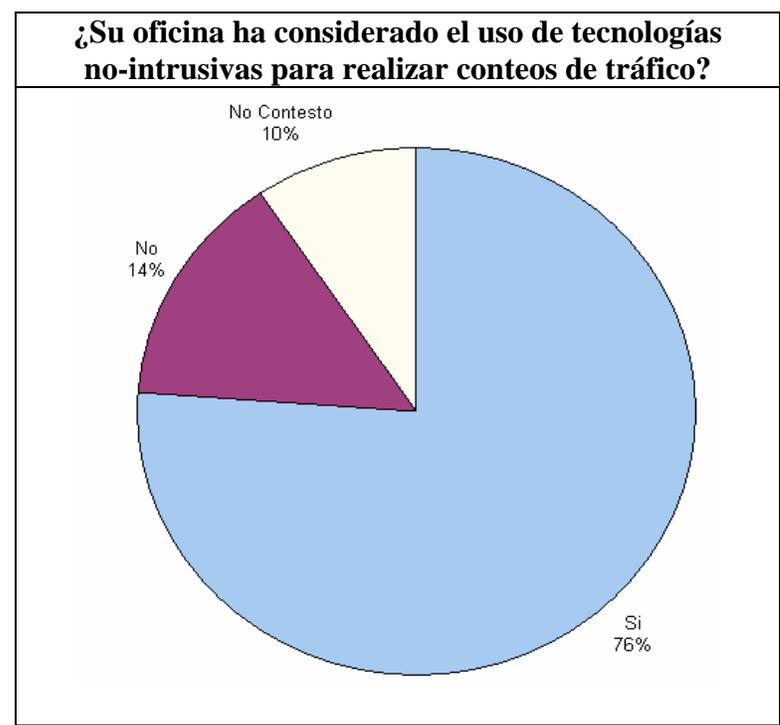


Figura II-6 Interés en tecnología no intrusiva.

III. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizará para cumplir con los objetivos propuestos se divide en los siguientes pasos:

- 1) Realizar la revisión de literatura. Esto se compone de revisar estudios similares como el realizado por el Departamento de Transportación de Minnesota y las especificaciones de distintas tecnologías no intrusivas para hacer conteos de vehículos en intersecciones.
- 2) Encuestar los Departamentos de Transportación de los Estados Unidos para saber que tecnología están utilizando para realizar sus conteos. Para esto se estableció comunicación con las personas encargadas de los estudios de tránsito en cada departamento.
- 3) Evaluar las tecnologías disponibles. Para llevar a cabo esta tarea, se revisaron las especificaciones de las tecnologías disponibles para establecer cual podía detectar la mayor cantidad de parámetros, con un menor costo y minimizando los errores. Además, se utilizaron estudios similares, las encuestas realizadas a los diferentes Departamento de Transportación y la literatura de cada tecnología. También se consideró el costo de cada equipo.
- 4) Seleccionar y adquirir una de las tecnologías para hacerle pruebas de campo. Se seleccionó la tecnología de detección de vehículos a través de imágenes de video (Autoscope). Dicha selección se hizo basándose en la evaluación hecha en el paso anterior.
- 5) Aprender a utilizar la tecnología seleccionada. Esto consta de estudiar los manuales del equipo adquirido y tomar adiestramientos en el uso de este. La

dificultad para aprender a utilizar la tecnología fue tomada en cuenta dentro de la evaluación del equipo.

- 6) Hacer pruebas al equipo adquirido para revisar lo encontrado en la literatura dando énfasis a los conteos.
- 7) Resumir y analizar los datos adquiridos con el equipo.
- 8) Establecer las conclusiones y recomendaciones sobre la utilización o no del equipo en Puerto Rico para hacer conteos de vehículos en intersecciones.
- 9) Preparar los informes necesarios para mostrar los resultados.
- 10) Entregar informe y presentar el proyecto final.

IV. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA NO INTRUSIVA

Con la intención de seleccionar la tecnología a ser investigada en mayor detalle, se evaluaron las opciones existentes. Entre estas se encuentran Detectores Magnéticos, Infrarrojos, Microonda, Imágenes a través de Video y Detectores de Sonido y Ultrasónico. Para la selección de la tecnología no intrusiva se evaluaron varios estudios realizados por diferentes DOT en los Estados Unidos. Se recopiló información y se evaluaron las características de cada una de estas tecnologías. Además se utilizó información proveniente de la encuesta realizada a los DOT donde se observaron las experiencias de estos con las tecnologías no intrusivas.

Como parte de la búsqueda de información se utilizaron los estudios realizados por la Federal Highway Administration en la cual se evaluaron las diferentes tecnologías existentes en el mercado. Este estudio se realizó en cooperación con el Minnesota Department of Transportation [13] y tuvo como propósito proveer información sobre la precisión de las tecnologías no intrusivas. En la Tabla IV-1 (página 22) se presenta las características y las observaciones de la instalación y el mantenimiento de los equipos evaluados. Principalmente se puede observar en la tabla que la tecnología que tiene la habilidad de detectar el mayor número de parámetros de tráfico es la de detección de vehículos a través de imágenes de video. De la misma sobresalen Autoscope 2004 y Video Trak – 900

La

Tabla **IV-2** (página 23) presenta el comportamiento de los equipos bajo diferentes condiciones ambientales. Aquí se puede observar que el equipo de Autoscope parece ser mejor que el equipo de Video Trak, debido que pudo ser probado en mayor número de situaciones.

Luego de recopilar información y evaluar las encuestas realizadas se ha seleccionado los detectores de vehículos a través de imágenes de video. La tecnología por video se encuentra entre las más innovadoras en el mercado. Ésta tecnología resultó ser el método más efectivo para realizar conteos de vehículos en intersecciones. Al comparar con las tecnologías existentes brinda mayor seguridad al personal de instalación y esta resulta, la instalación, ser más fácil.

Además se encontró que la mayoría de los DOTs de la nación requieren que los contratistas que hagan trabajos en intersecciones utilicen sistemas de video para continuar el funcionamiento actual de la intersección [14].

En el mercado se encuentran varias compañías que producen equipos de recolección de datos a través de video. Entre las compañías que distribuyen estos productos se eligió utilizar el equipo que provee la compañía *Image Sensing System*. El equipo fabricado por esta compañía se conoce como *Autoscope* y es distribuido por la compañía Econolite. De la línea *Autoscope* se seleccionaron los equipos *SoloPro* y *Rack Vision*. El equipo *SoloPro* se caracteriza por incluir cámara y equipo. Por el contrario, el equipo *Rack Vision* solo incluye el equipo y puede ser utilizado con cualquier sistema de recolección de video compatible.

Tabla IV-1 Características generales y de instalación de los equipos. [13]

Tecnologías Equipo	Características del Equipo												Instalación / Mantenimiento			
	Volumen	Velocidad	Presencia	Ocupancia	Clasificación	Densidad	Espaciamiento	Tiempo de Pérdido	Detección de Incidentes	Número de Carriles	Costado Carretera Encima Carretera	Entrando \ Saliendo	Facilidad de Montaje	Facilidad de Calibración	Mantenimiento	Confiabilidad
Inductivo Loop Pasivo	X		TP							1	N/A	B	-	+	+	+
Eltec Model 833	X		TP							1	B	B	+	+	+	+/-
Eltec Model 842	X		TP							1	?	B	+	+	+	?
ASIM IR 224	X		TP							1	B	O	+	+	+	+/-
Infrarrojo Activo																
Autosence 1	X	X	TP		X	?				1	B	B	+	+	+	+/-
Magnético																
IVH Sensor 232E	X	X	TP	X						1	N/A	B	-	+/-	+/-	-
Radar																
RTMS X1	X	X	TP	X	X		?			8	B	B	+	+/-	+	+/-
Microondas																
TC – 26B	X		P							1*	?	B	+	+	+	?
PODD	X		P							1*	OH	O	+	+	+	+/-
TDW – 10	X	X	P							1*	OH	B	+	+	+	+/-
TDN – 30	X	X	P							1	OH	B	+	+	+	+/-
Ultrasónico																
Lane King	X		TP							1	B	B	+	+/-	+	+
TC – 30	X		TP							1	B	B	-	+	+	+/-
Acústico Pasivo																
Smartsonic TSS – 1	X	X	TP	X						1	SF	B	+	-	+	+
Video																
EVA 2000s	X	X	?	?	X	?	?		?	4	B	B	-	-	-	-
Autoscope 2004	X	X	TP	X	X	X	X			>12	B	B	-	-	-	+
TrafficCam – S	X	X	TP	X						4	B	B	+	-	+/-	+/-
Video Track – 900	X	X	TP	X	X	X	X	X	X	>12	B	B	-	-	-	+/-
*	Este equipo puede monitorear múltiples carriles, pero no puede detectar carriles individuales.							-	Denota un equipo el cual no se comporto satisfactoriamente dada la condición existente.							
X	Denota un equipo que puede realizar la función estipulada.							SF	Denota un equipo el cual puede ser montado al costado de la carretera.							
?	Denota una situación que no puede ser confirmada.							OH	Denota un equipo el cual puede ser montado al encima de la carretera.							
TP	Denota un equipo que puede medir presencia verdadera.							O	Denota un equipo que puede ser colocado mirando el transito saliendo.							
P	Denota un equipo que puede medir presencia mediante pulso.							D	Denota un equipo que puede ser colocado mirando el transito entrando.							
+	Denota un equipo el cual se comporto satisfactoriamente dada la condición existente.							B	Denota un equipo que puede operar en ambas situaciones							
+/-	Denota un equipo el cual cumplió algunos, pero no todos los criterios para ser clasificado como satisfactorio.															

Tabla IV-2 Factores ambientales que afectan el funcionamiento de los equipos. [13]

Tecnologías Equipo	Autopista						Intersecciones				Ambos				
	Alta Velocidad	Baja Velocidad	Alto Volumen	Bajo Volumen	Geométricos	Efectos de Luces	Alto Volumen	Bajo Volumen	Geométricos	Efectos de Luces	Lluvia	Lluvia Congelada	Nieve (1)	Alta Temperatura	Baja Temperatura
Inductive Loop	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Infrarrojo Pasivo															
Eltec Model 833	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
ASIM IR 224	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Infrarrojo Activo															
Autosence I	+	+	+	+	+	+	?	?	?	?	-	-	-	+	+
Magnético															
IVH Sensor 232E	+	+	+	+	+	+	?	?	?	?	-	+	+	+	-
Radar															
RTMS X1	+	+	+	+	+	+	?	?	?	?	-*	-*	+	+	+
Microondas Doppler															
PODD	+	+	+/-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
TDN – 30	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Ultrasónico															
Lane King	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
TC – 30	+	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+	+	+	+
Acústico Pasivo															
Smartsonic TSS – 1	+/-	+	+/-	+	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+	+	+	-
Video															
EVA 2000s	+	+	+	+	+	+	?	?	?	?	+	+	+	+	+
Autoscope 2004	+	+	+	+	+	-	+/-	+	+	-	+	+	+	+	+
TrafficCam – S	+	+	+	+	+	?	?	?	?	?	+	+	+	+	+
Video Track – 900	+	+	+	+	+	-	?	?	?	?	+	+	+	+	+

1)	La nieve es evaluada aquí como el factor directo que afecto el funcionamiento del equipo, los factores secundarios como el rastreo de vehículos no son incluidos.
*	La unidad RTMS se observo y arrojó conteos de menos en los periodos de lluvia debido a que el agua entro en la cubierta del equipo.
+	Denota un equipo el cual se comporto satisfactoriamente dada la condición existente.
+/-	Denota un equipo el cual cumplió algunos, pero no todos los criterios para ser clasificado como satisfactorio.
-	Denota un equipo el cual no se comporto satisfactoriamente dada la condición existente.
?	Denota una situación que no puede ser confirmada.

A. Costos de Implantación

Los costos que se presentan indican la inversión aproximada en equipos nuevos. Sin embargo, para utilizar la tecnología de detección de vehículos por imágenes de video es necesario disponer de recursos adicionales para realizar la instalación de los equipos en los lugares donde se desee realizar las mediciones. Entre los recursos necesarios se encuentran las cámaras de video, los procesadores de imágenes, una brigada de tres personas, un camión con canastilla (*Bucket Truck*) y herramientas en general.

Aunque existen diversos sistemas en el mercado, en este informe se indica el precio del sistema que fue probado en este estudio. El costo de cada cámara junto con su procesador de imágenes y cables de transmisión es de seis mil quinientos dólares (\$6,500) aproximadamente. Es conveniente disponer de una cámara por cada acceso de la intersección; por lo tanto, para una intersección de cuatro accesos sería conveniente tener cuatro cámaras. Además de esto es necesario adquirir un programa (*software*) para reducción de datos que tiene un costo de quinientos dólares (\$500).

Además se necesita una brigada entre tres (3) y siete (7) personas. Las responsabilidades y habilidades de estas tres personas serían las siguientes:

- Programador: es la persona encargada de programar los detectores en el equipo. Debe conocer sobre el uso de las computadoras y el comportamiento de los vehículos. Además debe tener buenas bases en inglés, escrito y oral.
- Instalador: es la persona encargada de instalar las cámaras y de conectarlas al controlador de estas. Debe tener conocimientos de electricidad.

- Chofer: es la persona encargada de conducir el camión (*bucket truck*) y de mantener la seguridad de los vehículos que circulan por el área donde se realiza la instalación. Debe tener licencia para conducir vehículos pesados. Además debe estar adiestrado en como asegurar un área de trabajo (*work zone*).

La instalación del equipo para realizar las mediciones se debe efectuar en el período de bajo flujo vehicular, antes de que comiencen los períodos pico. Luego de realizar la instalación y asegurar los equipos, la brigada puede retirarse del sitio de la medición y regresar nuevamente cuando sea necesario retirar los equipos.

V. SELECCIÓN DE INTERSECCIONES

La gran diversidad existente en intersecciones resultó en la selección de varias intersecciones para llevar a cabo el estudio. Debido a que el diseño y la geometría de una intersección se basan principalmente en los virajes hacia diferentes accesos, se determinó efectuar estudios en varias intersecciones, para así determinar la eficacia del equipo en diferentes situaciones. Además de los movimientos compartidos y exclusivos, se consideran otros factores, para así aumentar la diversidad entre intersecciones. Entre estos factores se encuentran el tráfico liviano y pesado, diferentes velocidades de operación, congestión del tráfico en horas pico, flujo peatonal y estacionamiento lateral.

Al seleccionar la localización del equipo se consideraron los siguientes factores: las estructuras adyacentes a las intersecciones que puedan ser utilizadas para la instalación del equipo y viabilidad para recolectar información visual. Las intersecciones donde se realizaron los estudios están localizadas en: Calle Méndez Vigo con Calle Post y Carretera PR-2 con Calle Carolina, en Mayagüez y Carretera PR-100 con Carretera PR- 3311 y Carretera PR-100 con Carretera PR-102, en Cabo Rojo.

En las próximas páginas se explica porque cada una de esas intersecciones fue seleccionada. Inspeccionando las características de la intersección se puede obtener las diferencias básicas entre ellas.

A. Intersección Calle Martínez Nadal con Calle Méndez Vigo

La Figura V-1 presenta un esquema un esquema de la vista en planta de esta intersección. Las Figura V-2 hasta la Figura V-5 corresponden a fotografías tomadas en el área de estudio propio a esta intersección. Las características de esta intersección son:

- Estacionamiento lateral en Calle Méndez Vigo en ambos lados.
- Carriles con funcionamiento compartido.
- Interacción con peatones moderada.
- Intersección semaforizada.
- Tráfico liviano.
- Casco urbano.

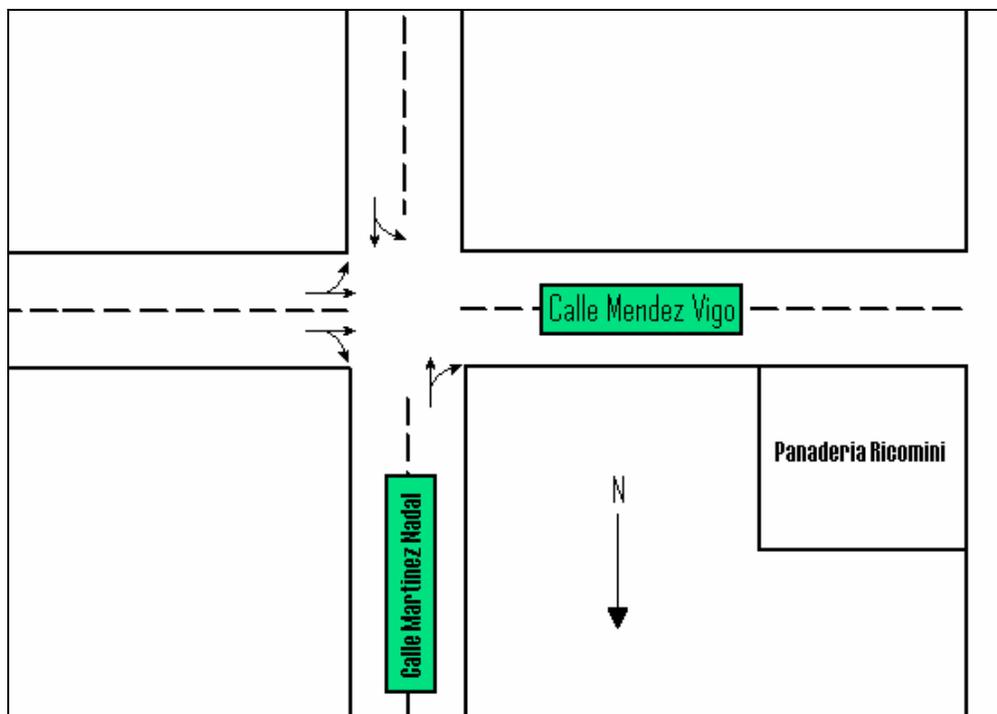


Figura V-1 Vista en Planta de la intersección.



Figura V-2 Área de instalación de equipo en Antigo Teatro.



Figura V-3 Estacionamiento lateral.



Figura V-4 Intersección semaforizada.



Figura V-5 Edificio abandonado próximo a intersección.

B. Intersección Carretera PR-2 con Calle Carolina

La Figura V-6 presenta un esquema un esquema de la vista en planta de esta intersección. De la Figura V-7 hasta la Figura V-10 corresponden a fotografías tomadas en el área de estudio propio a esta intersección. Algunas características de esta intersección son:

- Carriles de funcionamiento compartido y exclusivo.
- Trafico liviano y pesado.
- Intersección semaforizada.
- Interacción con peatones.
- Zona Urbana.

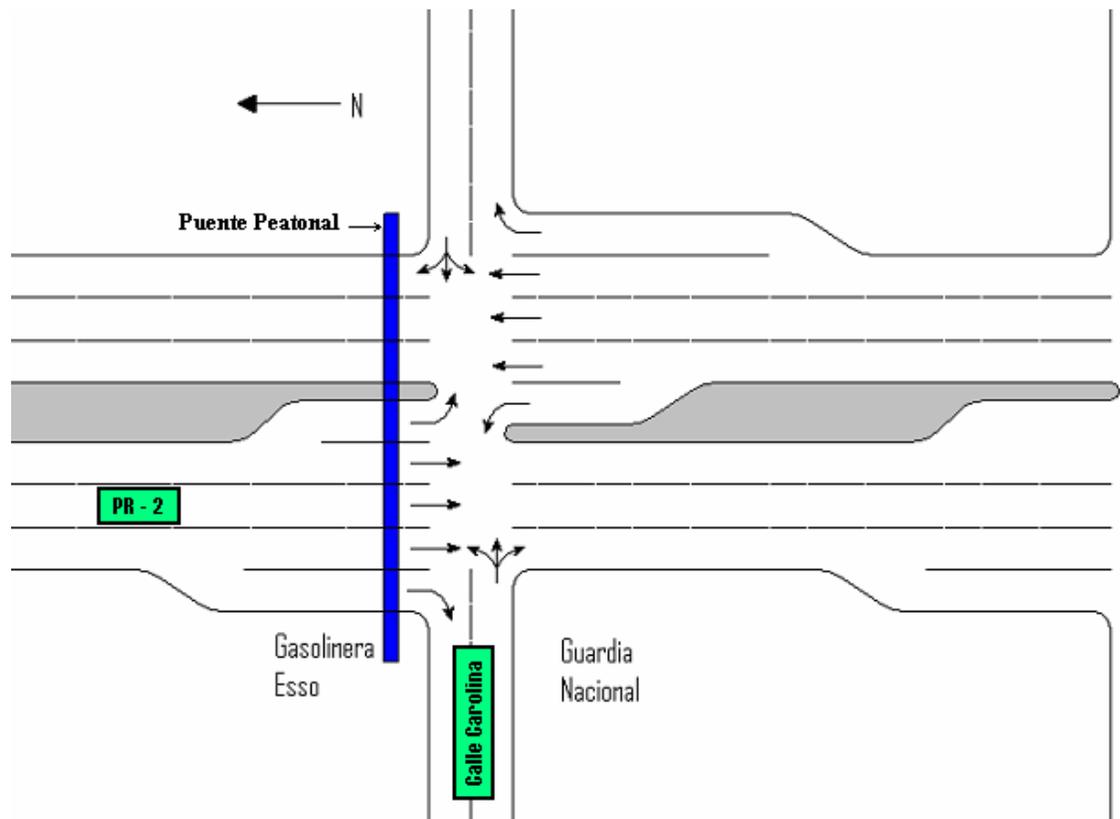


Figura V-6 Vista en planta de la intersección.

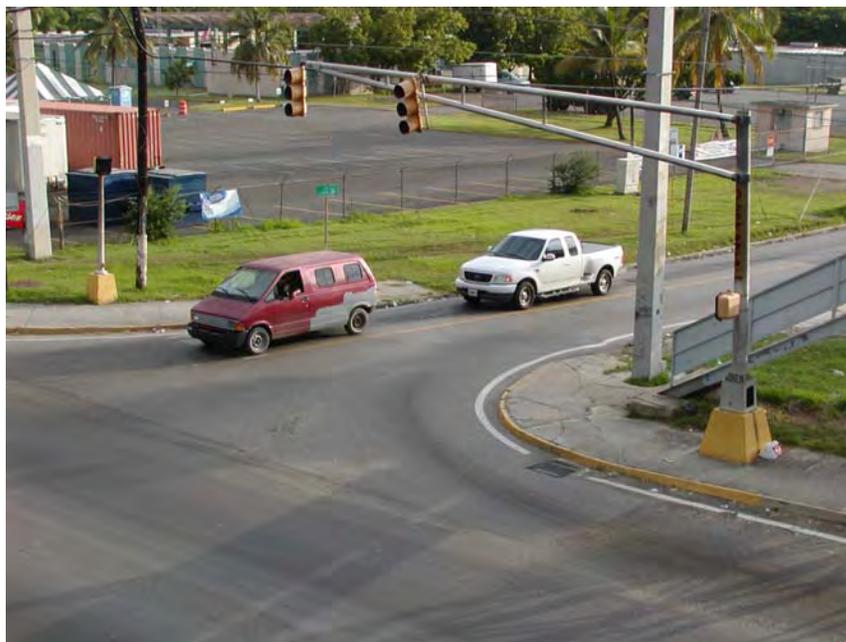


Figura V-7 Puente peatonal sobre Carretera PR-2.



Figura V-8 Vista hacia el Norte Carretera PR-2.

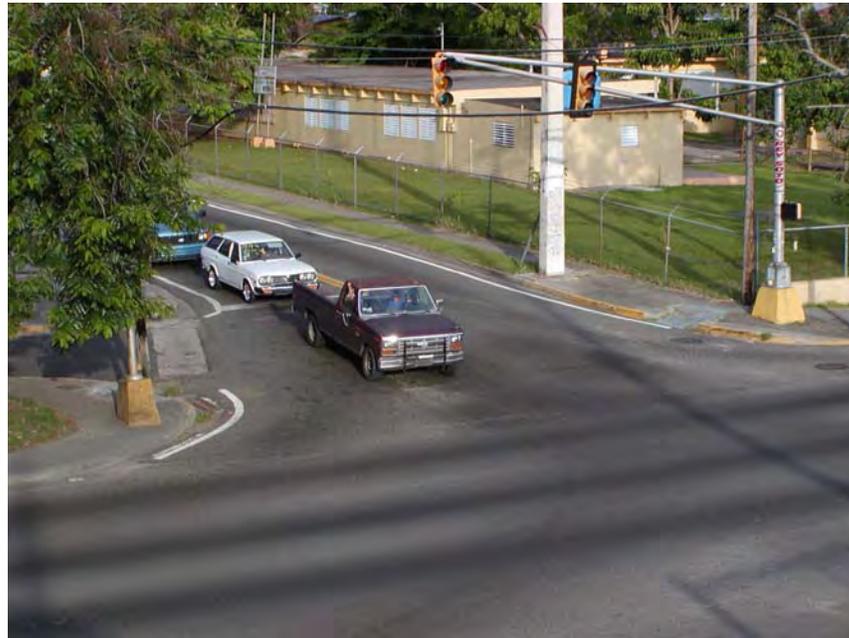


Figura V-9 Entrada a la intersección desde la Calle Carolina.



Figura V-10 Vista hacia el Sur Carretera PR-2.

C. Intersección Carretera PR-100 con Carretera PR-3311.

La Figura V-11 presenta un esquema un esquema de la vista en planta de esta intersección. Las Figura V-12 a la Figura V-13 corresponden a fotografías tomadas en el área de estudio propio a esta intersección. Algunas características de esta intersección son:

- Carriles de funcionamiento exclusivo.
- Trafico liviano y pesado.
- Intersección semaforizada.
- Zona rural.

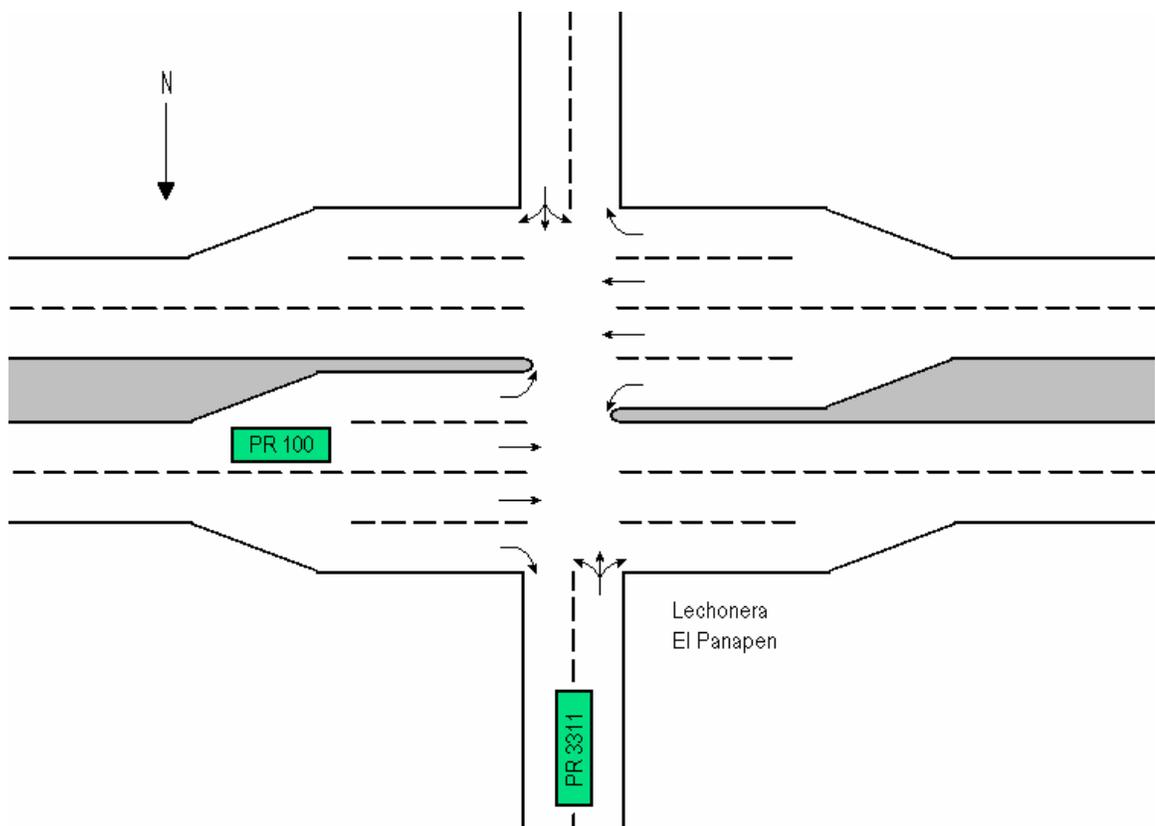


Figura V-11 Vista en Planta de la intersección.



Figura V-12 Poste de instalación.



Figura V-13 Área de evaluación.

D. Intersección Carretera PR-100 con Carretera PR-102

La Figura V-14 presenta un esquema un esquema de la vista en planta de esta intersección. De la Figura V-15 a la Figura V-17 corresponden a fotografías tomadas en el área de estudio propio a esta intersección. Algunas características de esta intersección son:

- Carriles de funcionamiento exclusivo.
- Trafico liviano y pesado.
- Intersección semaforizada.
- Zona suburbana.

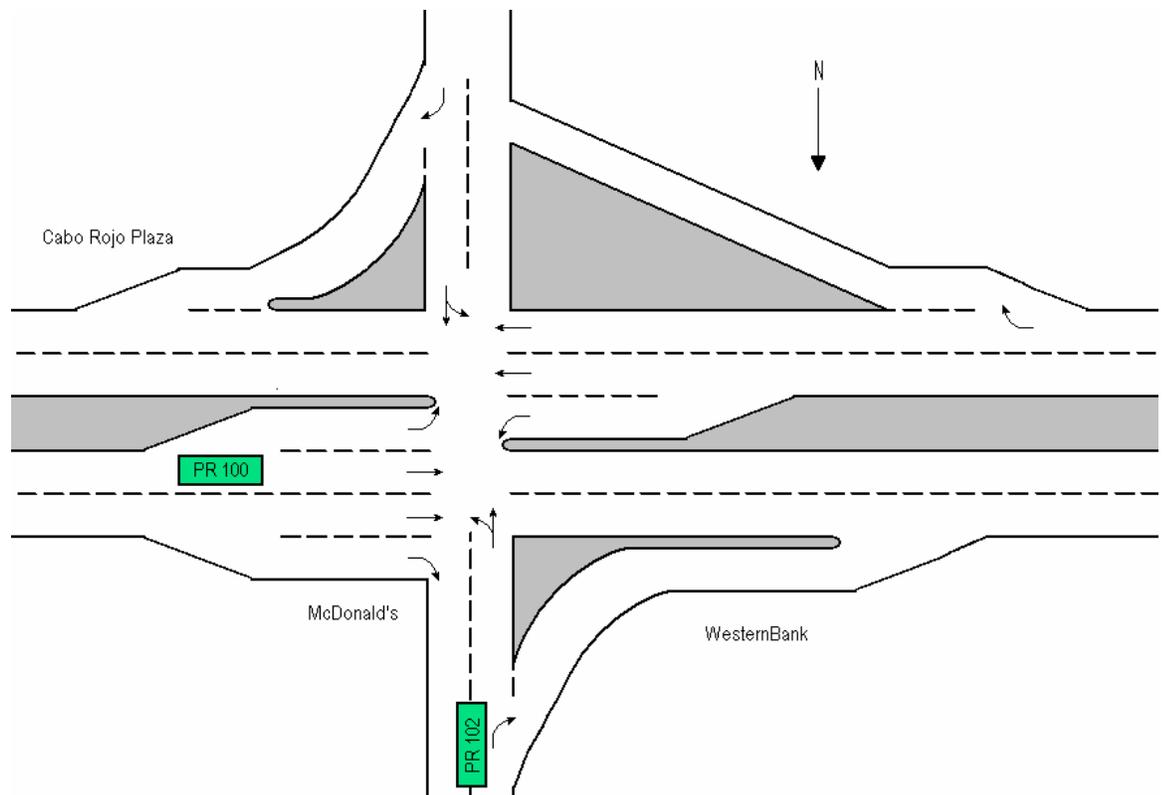


Figura V-14 Vista en planta de la intersección.



Figura V-15 Área de evaluación.



Figura V-16 Lugar de instalación del equipo.



Figura V-17 Estructuras adyacentes a la intersección.

VI. PRUEBAS DE LOS EQUIPOS

Para poder evaluar el funcionamiento del equipo se realizaron pruebas de campo. Estas pruebas consistieron en colocar el equipo de *Autoscope* y programar los detectores. Luego se procedió a realizar conteos manuales en períodos de 5 minutos sincronizados con el equipo. Algunas pruebas en el campo fueron grabados para realizar los conteos manuales en el laboratorio. Estos fueron hechos por personal adiestrado y bajo supervisión para asegurar un conteo manual exacto. De esta manera se compararon los datos del *Autoscope* con los conteos manuales. Además se realizaron curvas de frecuencia y frecuencia acumulada para observar si existía cancelación de errores en las pruebas. Para tener una idea de la efectividad del equipo se realizaron cálculos de errores utilizando las siguientes ecuaciones:

Por ciento de Error por Dirección - % EPD – denominado % de Error

$$\% \text{ EPD} = \frac{\text{AUTO_DIR} - \text{Manual_DIR}}{\text{Manual_DIR}} * 100\%$$

Por ciento de Error por Arco - % EPA – denominado % Error por Arco

$$\% \text{ EPA} = \frac{\text{AUTO_Total} - \text{Manual_Total}}{\text{Manual_Total}} * 100\%$$

Por ciento de Error por Acceso - %EPAC – denominado % Error por Acceso

$$\% \text{ EPAC} = \frac{\sum (\% \text{ EPD})(\text{Manual_DIR})}{\sum \text{Manual_DIR}} * 100\%$$

A. Prueba en Casco Urbano de Mayagüez

La realización de esta primera prueba tuvo el propósito de relacionarse con el equipo de *Autoscope*. El área de estudio fue la intersección Calle Martínez Nadal con Calle Méndez Vigo. La instalación del equipo se realizó en el edificio Antiguo Teatro Riera, cuyo propietario es el Sr. Miguel López. La ubicación de la cámara se llevó a cabo en la azotea del edificio de tres pisos. Esto con el propósito de tener una buena ubicación.

La prueba se realizó el 19 de junio de 2003, durante el período de 7:00 AM a 2:00 PM. El tiempo de instalación fue de aproximadamente cuarenta y cinco (45) minutos. Este tiempo no incluye la programación de los detectores. Durante la primera hora se seleccionaron diferentes arreglos de detectores, con el propósito de obtener un mejor funcionamiento del sistema.

La colocación de detectores correctamente se hizo difícil debido al errático comportamiento de los conductores. Este comportamiento obedece al uso inadecuado del carril disponible. Este es un carril ancho y los automovilistas lo utilizan formando doble línea. Por otro lado, el tránsito de camiones realizaba virajes amplios, lo que ocasionaba múltiples detecciones aunque fuese un solo vehículo.

Otro factor que influyó negativamente en los conteos vehiculares fue la presencia de peatones. En la mayoría de los casos estos fueron detectados como si fuesen vehículos. También hubo problemas con las aves que volaban por el lugar. Estas activaban los detectores cada vez que atravesaban el área de observación.

A través de esta prueba, el equipo de investigadores se familiarizó con el equipo *Autoscope*. Además se identificaron posibles causas de error en los resultados. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla VI-1.

Tabla VI-1 Conteo Vehicular en Períodos de 15 min.

Intervalo	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
12:15-12:30 PM	9	2	64	42	5	8
12:30-12:45 PM	5	5	98	49	4	8
12:45-1:00 PM	15	9	43	40	3	4
1:00-1:15 PM	20	8	54	36	5	9
1:15-1:30 PM	49	24	259	167	17	29
Total	98	48	518	334	34	58
% de Error	104.17		55.09		41.38	

Tabla VI-2 Resultados generales.

Resultado General		
	Autoscope	Manual
Total	650	440
% Error por Arco	47.73	
% Error por Acceso	58.64	

Al analizar los resultados obtenidos se encontró un porcentaje de error en los movimientos directos de 55.09%. En movimientos a la derecha se obtuvo un porcentaje de error de 41.38%. Para los movimientos de viraje a la izquierda se encontró un porcentaje de error de 104.17%. Además se considero el error general de la intersección. Estos resultados se pueden observar en la Tabla VI-2. Uno del los porcentaje calculados se conoce como el por ciento de error por arco y solamente toma en consideración la cantidad de vehículos que

pasan por el arco. En esta prueba se obtuvo un porcentaje de error por arco de 47.73%. También se calculó un porcentaje de error por acceso. Este valor se calculó utilizando un promedio pesado de los por cientos de error de cada movimiento. Para esta prueba se obtuvo un porcentaje de error por acceso de 58.64%.

Estos resultados pueden haber sido causados por las limitaciones de estructuras adyacentes al momento de instalar el equipo. Entre estas se encuentran la altura de las estructuras, cercanía a la intersección y disponibilidad de las mismas. También se incluye el diseño de la intersección, lo que provoca virajes anchos por el tránsito pesado. Esto provoca inconvenientes al momento de programar los detectores. Entre otras fuentes de error se encuentran los peatones y las aves, los cuales fueron identificados como vehículos, aumentando considerablemente el porcentaje de error.

B. Prueba en Zona Urbana

Con el propósito de probar la eficiencia realizando conteos en intersecciones con carriles exclusivos de movimiento se seleccionó la intersección de la PR-2 con calle Carolina en Mayagüez. Uno de los principales motivos para seleccionar esta intersección fue la cercanía a un puente peatonal, el cual podía ser utilizado para instalar el equipo de video de frente a la corriente vehicular. Luego solicitar los permisos requeridos a la oficina de Obras Públicas Estatal y obtener una fuente de electricidad, se procedió a realizar la prueba el 1 de julio de 2003. El tiempo de instalación fue de aproximadamente dos (2) horas. Este tiempo incluye algunos inconvenientes surgidos con el sistema eléctrico en el puente peatonal, los cuales fueron resueltos para realizar el estudio. La intersección escogida para la investigación consiste de tres carriles de dirección directo, un carril exclusivo de viraje a la izquierda y un paseo utilizado como viraje a la derecha. Aunque existe esta distribución en el acceso, algunos vehículos giran a la derecha desde uno de los carriles de movimiento directo, lo cual complica la toma de datos en forma automática.

1. Parte I

En esta primera prueba fue complicado encontrar una posición adecuada para la instalación de la cámara. Debido a la obstrucción ocasionada por un semáforo aledaño. Luego de colocar los detectores de la mejor forma posible, no se pudo evitar la activación de los detectores asignados al viraje a la derecha por los camiones. Tomando en cuenta esta limitación, solo se realizaron las observaciones de movimientos directos y virajes a la izquierda.

Tabla VI-3 Segunda Prueba, Parte I.

Intervalos	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
9:15-9:20 AM	6	3	216	217	13	-
9:20-9:25 AM	9	8	209	203	8	-
9:25-9:30 AM	6	5	201	207	8	-
9:30-9:35 AM	5	8	179	186	3	-
9:35-9:40 AM	2	3	227	217	10	-
9:40-9:45 AM	11	8	239	240	11	-
9:45-9:50 AM	15	10	192	195	11	-
9:50-9:55 AM	10	8	230	229	9	-
9:55-10:00 AM	2	2	215	231	12	-
10:00-10:05 AM	2	2	172	184	10	-
10:05-10:10 AM	11	8	234	232	9	-
10:10-10:15 AM	6	8	218	226	13	-
Total	85	73	2532	2567	117	-
% de Error	16.44		1.36		N/A	

Tabla VI-4 Resultados generales.

Resultado General		
	Autoscope	Manual
Total	2617	2640
% Error por Arco	0.87	
% Error por Acceso	1.78	

Como se puede notar en la Tabla VI-3, los errores en los conteos están dentro de un rango de 1.36% y 16.44%. El porcentaje de error en el movimiento directo es de 1.36%, el cual es aceptable. En el movimiento a la izquierda el resultado fue de 16.44%, resultando ser un valor mayor que en dirección directo. Los virajes a la derecha se obviaron debido a las limitaciones encontradas al momento de colocar el equipo. Además los resultados generales obtenidos se pueden observar en la Tabla VI-4. El por ciento de error por arco fue de 0.87% y el de error por acceso de 1.78%.

Los resultados obtenidos anteriormente son causados por diferentes fuentes de error. Entre estas razones se encuentran los malos hábitos de los choferes, por ejemplo: virajes

desde carriles no permitidos, movimientos ilegales y peligrosos. Otra posible fuente de error puede ser el ángulo de ubicación de la cámara. Esto causaba la activación de detectores aledaños al carril por los camiones.

Debido a la hora del día en que se realizó el conteo, se observó que las sombras producidas por automóviles, camiones y árboles afectaban negativamente el conteo vehicular. Este problema puede ser corregido al mejorar la programación de los detectores.

2. Parte II

En la parte II de la prueba se reubicó la cámara en el puente peatonal. Esta acción evitó la activación de detectores del viraje a la derecha por los camiones. Al mejorar el área de observación se pudieron monitorear los virajes a la derecha. Estas observaciones se realizaron durante el período de una hora de 11:50 AM a 12:50 PM, en intervalos de cinco (5) minutos. Los resultados obtenidos están resumidos en la Tabla VI-5.

Tabla VI-5 Segunda Prueba, Parte II.

Intervalos	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
11:50-11:55 AM	6	7	223	234	18	9
11:55-12:00 PM	3	3	238	235	17	7
12:00-12:05 PM	5	4	201	200	9	5
12:05-12:10 PM	3	2	225	235	7	7
12:10-12:15 PM	9	7	247	242	19	13
12:15-12:20 PM	19	14	218	206	8	5
12:20-12:25 PM	2	9	230	233	8	6
12:25-12:30 PM	15	9	175	182	10	9
12:30-12:35 PM	14	8	218	221	11	7
12:35-12:40 PM	7	7	196	191	13	10
12:40-12:45 PM	7	6	223	207	5	3
12:45-12:50 PM	7	6	224	228	6	5
Total	97	82	2618	2614	131	86
% de Error	18.29		0.15		52.33	

Tabla VI-6 Resultados generales.

Resultado General		
	Autoscope	Manual
Total	2846	2782
% Error por Arco	2.30	
% Error por Acceso	2.30	

Al analizar los datos obtenidos se pudo encontrar un porcentaje de error en los movimientos directos de 0.15%. En movimientos a la derecha se obtuvo un porcentaje de 41.47%. Para los movimientos de viraje a la izquierda se encontró un porcentaje de error de 16.76%. Los resultados generales de esta prueba se encuentran resumidos en la Tabla VI-6. Al analizar estos datos se encontró un error por arco de 2.30% y un error por acceso de 2.30%. Estos resultados pueden haber sido causado por diversas razones. Entre estas se encuentran los malos hábitos de los choferes, por ejemplo: virajes desde carriles no permitidos, movimientos ilegales y peligrosos. Otras fuentes de error son las limitaciones de estructuras al instalar el equipo. Esto provoca inconvenientes al momento de programar los detectores.

Una peculiaridad que se pudo observar fue que durante el período de prueba el detector de virajes a la izquierda se quedó marcado. Este inconveniente provocó un mal funcionamiento del sistema.

Al relocalizar y reprogramar el equipo, los errores ocurridos en la primera parte se redujeron considerablemente. A pesar de esta mejoría, se presentaron situaciones adicionales que pueden ser fuentes de error. Por ejemplo, en la tarde la velocidad del viento causaba mayor vibración que en la primera prueba, lo cual presenta mayor movimiento de la imagen y dificultad para mantener el detector en un carril fijo. Además hubo muchas personas

utilizando el puente peatonal, lo que contribuye a aumentar la vibración. Estos factores pueden haber influido en los errores que se presentan y por lo tanto, en los porcentajes de error mencionados anteriormente.

C. Prueba en Zona Rural

Esta prueba se realizó en la carretera PR-100 intersección con la PR-3311. La geometría de la carretera PR-100 es de 4 carriles (2 por dirección) con carriles exclusivos para virajes a la izquierda y a la derecha. Típicamente se recomienda que la cámara este ubicada lo mas alto posible y en el centro de la carretera para tener una mejor imagen que capture en forma adecuada todas las maniobras. Al tomar en consideración las estructuras existentes, la ubicación seleccionada fue un poste de alumbrado

Para instalar la cámara encima de un poste de alumbrado es necesario utilizar un *Bucket Truck* (camión con canastilla – Figura VI-1) que alcance por lo menos una altura de 36 pies. La brigada de instalación debe estar compuesta por un mínimo de dos personas. Para instalar la cámara se utilizan abrazaderas de metal y se asegura el cable de la cámara al poste con abrazaderas de plástico. La instalación toma alrededor de cuarenta y cinco (45) minutos con personal adiestrado. La colocación de la cámara sobre el poste de alumbrado la realiza una sola persona, por razones de espacio (solo cabe una persona en la canastilla – Figura VI-2). La Figura VI-3 muestra como se ve la cámara instalada.



Figura VI-1 Camión con Canastilla.



Figura VI-2 Montaje de Cámara en poste de alumbrado.



Figura VI-3 Cámara instalada en Poste.

En la **Figura VI-4** se muestra la imagen obtenida de *Autoscope*; en la parte superior se pueden ver los detectores. Debajo de estos se puede ver la caja de las funciones ($f(x)$) y luego otra caja que es el *Detector Station*. En la parte inferior se ve la fecha y hora de la prueba junto con un *label* que muestra la localización. En esta prueba se decidió colocar la cámara detrás de los vehículos. El motivo principal fue que la intersección se encuentra en una pendiente descendiente y este punto nos daba una mayor altura.



Figura VI-4 Imagen y detectores de Autoscope.

Los errores en esta prueba fueron causados por vehículos que cambiaban de un carril a otro dentro de la intersección. Esto ocasionaba que los carros no fueran contados por el equipo. Además otro de los errores se presentó debido a que algunos vehículos utilizaron el carril de virajes a la derecha para continuar directo. Otros vehículos que se encontraban muy cerca al vehículo del frente provocaban que el equipo no los detectara correctamente. No obstante, a pesar de que hubo un lapso de lluvia los errores no incrementaron de una manera sustancial. Durante la lluvia el error más común era que contara dos vehículos como uno, porque el agua que salpicaba de las gomas de atrás de un vehículo extendía el tiempo de detección. A veces el vehículo siguiente entraba a la zona de detección sin que se hubiese apagado el detector del vehículo anterior debido a la huella dejada por el agua. En la **Figura VI-5** se muestra como se veía el agua salpicada por los neumáticos traseros.



Figura VI-5 Agua salpicada por neumáticos traseros.

Tabla VI-7 Resultados de la prueba en zona rural.

Intervalos	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
12:10-12:15 PM	2	2	71	77	4	3
12:15-12:20 PM	4	4	54	63	5	5
12:20-12:25 PM	2	1	66	75	0	0
12:25-12:30 PM	0	0	55	58	4	4
12:30-12:35 PM	7	7	80	90	2	2
12:35-12:40 PM	1	1	79	88	2	2
12:40-12:45 PM	4	4	75	79	1	1
12:45-12:50 PM	4	4	90	91	2	2
12:50-12:55 PM	0	1	69	76	4	3
12:55-1:00 PM	6	3	81	82	3	3
1:00-1:05 PM	1	1	78	85	4	4
1:05-1:10 PM	4	5	57	61	4	4
1:10-1:15 PM	4	3	36	39	2	0
1:15-1:20 PM	1	1	66	61	4	4
1:20-1:25 PM	3	3	70	72	2	2
1:25-1:30 PM	0	0	69	73	8	6
1:30-1:35 PM	5	4	52	55	3	3
1:35-1:40 PM	5	5	106	109	8	7
1:40-1:45 PM	3	3	115	121	8	7
1:45-1:50 PM	3	2	88	84	7	6
1:50-1:55 PM	3	3	72	84	1	1
1:55-2:00 PM	1	1	84	85	3	3
2:00-2:05 PM	2	2	68	69	1	1
Total	65	60	1681	1777	82	73
% de Error	8.33		5.40		12.33	

Tabla VI-8 Resultados generales de zona rural.

Resultado General		
	Autoscope	Manual
Total	1828	1910
% Error por Arco	4.29	
% Error por Acceso	5.76	

En la Tabla VI-7 se muestran los datos y resultados obtenidos en esta prueba. Al analizar los datos obtenidos se calculó el porcentaje de error en los movimientos de izquierda, directo y derecha. Para los movimientos directos se obtuvo un por ciento de error de 5.40%. En movimientos a la derecha e izquierda se obtuvo un porcentaje de 8.33% y 12.33% respectivamente. Los resultados generales se resumen en la Tabla VI-8. Al analizar estos datos se encontró un error por arco de 4.29% y un error por acceso de 5.76%.

D. Prueba en Zona Suburbana

Esta prueba se realizó en la intersección de la carretera PR-100 con la PR-102 en Cabo Rojo. Esta intersección está compuesta por dos carriles de movimiento directo, un carril de virajes a la izquierda y un carril de virajes a la derecha. El viraje a la derecha tiene una canalización (isleta) que asegura su uso exclusivo. En esta prueba la cámara se colocó en un poste de alumbrado.

En la Figura VI-6 se muestra la imagen obtenida del sistema *Autoscope*. En la parte superior izquierda de la imagen se pueden observar los detectores de virajes a la derecha y una pequeña parte de su carril exclusivo. En el centro se localizan los detectores de movimientos directos y de virajes a la izquierda. Estos detectores han sido programados utilizando funciones, las cuales se muestran en la parte inferior junto a los *Detector Stations*. En la parte central inferior se encuentran la fecha, hora de estudio y *label* de localización.



Figura VI-6 Imagen y detectores de Autoscope en la Int. de la PR-100 con PR-102.

1. Prueba en el Campo

En esta parte de la prueba se obtuvieron los resultados que se presentan en la Tabla VI-9. En los movimientos a la izquierda y derecha se obtuvo un error de 23.99% y 2.89% respectivamente. En movimientos directos el por ciento de error obtenido fue de 12.87%. Al analizar los datos de forma general se obtuvo un error por arco y por acceso de 13.45%. Estos resultados se pueden observar en la Tabla VI-10.

Los errores obtenidos en la prueba realizada en el campo fueron provocados por coincidencias de vibración, localización de detectores y de vehículos. Esto es producido por la propagación de vibraciones, las cuales son generadas por el tránsito en la zona. Estas causan movimientos fuertes al poste utilizado, lo cual produce sacudidas no deseadas. Al moverse la cámara pudo contar un mismo vehículo más de treinta (30) veces. Esto ocurre cuando los vehículos están detenidos en la intersección y la cámara comienza a vibrar. El efecto se puede observar cuando los vehículos se detienen durante la luz roja y los detectores están colocados en el borde delantero del carro. En este instante, si la cámara comienza a vibrar el vehículo marcará y dejará de marcar el contador muchas veces.

Tabla VI-9 Resultados de la prueba en zona urbana.

Intervalos	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
10:15-10:20 AM	8	7	35	35	17	16
10:20-10:25 AM	24	9	64	69	18	18
10:25-10:30 AM	13	12	83	68	10	10
10:30-10:35 AM	13	12	72	57	11	11
10:35-10:40 AM	22	20	83	64	9	9
10:40-10:45 AM	22	12	55	57	14	14
10:45-10:50 AM	18	15	83	63	11	10
10:50-10:55 AM	14	10	75	72	8	8
10:55-11:00 AM	14	8	87	107	10	10
11:00-11:05 AM	14	11	91	93	9	10
11:05-11:10 AM	16	12	100	66	14	13
11:10-11:15 AM	21	17	77	70	12	11
11:15-11:20 AM	19	15	73	65	10	9
11:20-11:25 AM	12	10	90	77	5	5
11:25-11:30 AM	26	18	58	58	14	14
11:30-11:35 AM	11	9	94	86	12	11
11:35-11:40 AM	14	12	80	80	14	14
11:40-11:45 AM	18	16	111	83	9	7
11:45-11:50 AM	18	18	86	85	10	10
11:50-11:55 AM	30	28	77	77	12	12
11:55-12:00 PM	16	17	59	51	7	7
12:00-12:05 PM	21	17	58	56	13	13
12:05-12:10 PM	15	14	74	74	9	9
12:10-12:15 PM	21	19	99	90	7	7
12:15-12:20 PM	20	17	72	72	14	14
12:20-12:25 PM	19	17	86	88	4	3
12:25-12:30 PM	18	17	103	72	12	10
12:30-12:35 PM	26	17	62	59	13	12
12:35-12:40 PM	15	15	90	52	10	10
12:40-12:45 PM	13	12	70	73	13	13
12:45-12:50 PM	14	13	70	69	10	10
12:50-12:55 PM	14	14	82	80	7	7
12:55-1:00 PM	20	12	73	69	9	9
1:00-1:05 PM	26	18	95	69	9	9
1:05-1:10 PM	22	17	66	60	16	16
1:10-1:15 PM	19	14	118	60	9	9
Total	646	521	2851	2526	391	380
% de Error	23.99		12.87		2.89	

Tabla VI-10 Resultados generales en zona suburbana.

Resultado General		
	Autoscope	Manual
Total	3888	3427
% Error por Arco	13.45	
% Error por Acceso	13.45	

2. Prueba en el Laboratorio

Luego de analizar los resultados de la prueba en el campo se encontró una diferencia en la cantidad de conteo vehicular mayor a un 10%. Debido a esta situación se decidió repetir la prueba en el Laboratorio de Transportación del Departamento de Ingeniería Civil del Recinto Universitario de Mayagüez. Se utilizó el video obtenido de *Autoscope* y se relocalizaron los detectores que confrontaron problemas. La nueva configuración de los detectores se puede observar en la Figura VI-7.

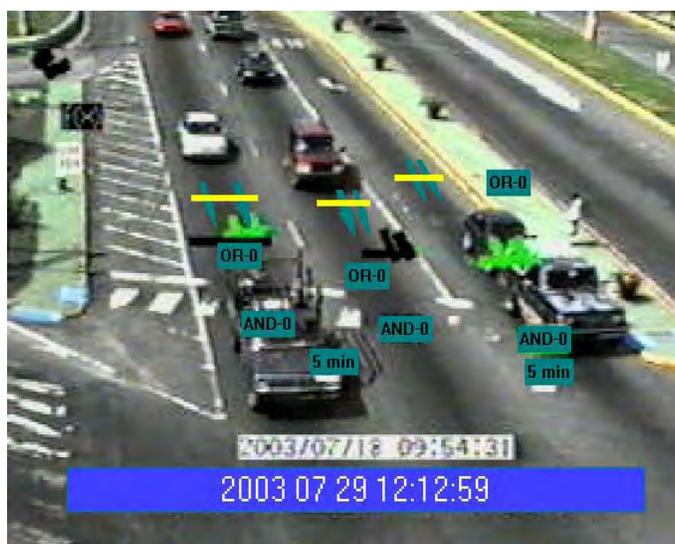


Figura VI-7 Relocalización de detectores.

Los resultados obtenidos luego de relocalizar se encuentran en la Tabla VI-11. En los virajes a la izquierda se obtuvo un error de 4.47%. En movimientos directos el por ciento de

error obtenido fue de 3.85%. Al analizar los virajes a la derecha se obtuvo un error de 2.75%. Al analizar la data de forma general se obtuvo un error por arco 1.87%. Este cambio disminuyó el porcentaje de error por acceso a un 3.83%. Luego de realizar estos cambios los errores se redujeron considerablemente.

Tabla VI-11 Movimientos en zona suburbana realizada en el laboratorio.

Intervalo	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
10:20-10:25 AM	12	9	64	69	18	18
10:25-10:30 AM	11	12	68	68	10	10
10:30-10:35 AM	10	12	51	57	11	11
10:35-10:40 AM	23	20	64	64	9	9
10:40-10:45 AM	11	12	50	57	14	14
10:45-10:50 AM	18	15	56	63	11	10
10:50-10:55 AM	10	10	72	72	8	8
10:55-11:00 AM	8	8	80	107	10	10
11:00-11:05 AM	11	11	96	93	9	10
11:05-11:10 AM	11	12	56	66	14	13
11:10-11:15 AM	16	17	72	70	12	11
11:15-11:20 AM	13	15	59	65	10	9
11:20-11:25 AM	9	10	78	77	5	5
11:25-11:30 AM	13	18	60	58	14	14
11:30-11:35 AM	11	9	82	86	12	11
11:35-11:40 AM	13	12	76	80	14	14
11:40-11:45 AM	16	16	75	83	9	7
11:45-11:50 AM	18	18	80	85	10	10
11:50-11:55 AM	15	28	64	77	12	12
11:55-12:00 PM	15	17	57	51	7	7
12:00-12:05 PM	48	17	65	56	13	13
12:05-12:10 PM	21	14	87	74	9	9
12:10-12:15 PM	23	19	76	90	7	7
12:15-12:20 PM	20	17	70	72	14	14
12:20-12:25 PM	16	17	77	88	4	3
12:25-12:30 PM	15	17	52	72	12	10
12:30-12:35 PM	17	17	64	59	13	12
12:35-12:40 PM	8	15	57	52	10	10
12:40-12:45 PM	13	12	62	73	13	13
12:45-12:50 PM	14	13	66	69	10	10
12:50-12:55 PM	10	14	74	80	7	7
12:55-1:00 PM	13	12	58	69	9	9
1:00-1:05 PM	13	18	44	69	9	9
1:05-1:10 PM	29	17	122	60	16	16
1:10-1:15 PM	13	14	61	60	9	9
Total	537	514	2395	2491	374	364
% de Error	4.47		3.85		2.75	

Tabla VI-12 Resultados generales en zona suburbana realizada en el laboratorio.

Resultado General		
	Autoscope	Manual
Total	3306	3369
% Error por Arco	1.87	
% Error por Acceso	3.83	

E. Pruebas de Instalación Completa con otro Equipo

Las pruebas anteriores se hicieron con los equipos *Autoscope*, pero esta parte se realizó con equipos facilitados por *Peek Traffic*. Los equipos fueron facilitados a través de su distribuidor en Puerto Rico Marina Electric Inc. El equipo proporcionado por *Peek Traffic* proveía suficientes elementos como para efectuar una instalación completa en una intersección de cuatro entradas.

El equipo de *Peek* consta de una unidad capaz de tomar seis imágenes de video distintas y procesarlas. Utiliza cámaras de video que transmiten las imágenes en blanco y negro, y con baja resolución para efectuar la toma de datos.

Cuando se hace una instalación completa la logística de instalación cambia sustancialmente porque los equipos se dejan varios días instalados sin supervisión la mayor parte del día y la noche. El tiempo de instalación y el número del personal aumenta en una instalación completa. Además los problemas de seguridad se convierten en un tema de gran importancia debido a que a veces es necesario interrumpir el tráfico durante la instalación y se debe tomar en consideración la distracción que puede generar la instalación. Las situaciones de riesgo existen tanto para los conductores como para el personal de instalación.

En una instalación completa es necesario tener un personal de alrededor de siete (7) personas, desglosados como sigue:

- Un programador
- Un chofer
- Dos abanderados
- Dos instaladores

- Un ayudante (ayudante de todos los demás en los momentos que sea necesario)

El tiempo que dura la instalación del sistema de cámaras en una intersección, según observado, puede tomar desde 8 horas hasta 24 horas de trabajo, dependiendo del grado de dificultad de la instalación y de la cantidad de fallas en los equipos. Dentro de la instalación se utilizan cables y conectores tanto eléctricos como de imagen (en la Figura VI-8 se pueden observar largos típicos). Las fallas pueden ser desde la toma de electricidad hasta la cámara misma. Revisar las conexiones y cables antes de llegar al lugar de instalación es muy importante, aunque eso no garantiza que después de instalado no existan fallas en algún componente de la instalación. Las fallas encontradas fueron:

- Problemas con la toma eléctrica. En ocasiones controladores de semáforos aislados parecen sufrir de cambios de corriente o problemas eléctricos en general. Por lo que sería recomendable utilizar un **buen** protector de corriente para utilizar los sistemas. El controlador de las cámaras al parecer se averió por culpa de un cambio de corriente.
- Las conexiones coaxiales tienden a fallar. Esto sucede debido a mala instalación del conector al cable, falta de fuerza en la conexión (se suelta) o mal contacto. Todo se puede evitar revisando minuciosamente los cables y conectores, y reforzando la conexión amarrando los cables juntos.
- Imagen de baja calidad o pérdida de imagen. Debido a que desde la cámara hasta el controlador se pueden usar hasta cuatro (4) conexiones es recomendable que los conectores sean de la mejor calidad posible, debido a que cada conexión aporta a la pérdida de calidad de imagen. Alternativamente se podría reducir la cantidad de conexiones pero eso haría más compleja la instalación.

- Imagen con mucho movimiento o fuera de visión. Esto puede ocurrir si la cámara no fue ajustada fuertemente a su base. Por otro lado hay postes de alumbrado que se mueven más que otros, para disminuir el efecto se debe acercar la cámara a la columna del poste (o sea más alejado del foco).

Para hacer pruebas a la instalación completa se escogieron lugares con separación de carriles por movimiento y de alto flujo vehicular (donde la tecnología trabaja mejor). Además en la intersección debía haber:

- Postes de alumbrado (o cualquier estructura lo suficientemente alta y centrada) suficientes para instalar una cámara por entrada.
- Una fuente de energía (conexión eléctrica) cerca del área.
- Un lugar donde colocar la unidad de *Peek* (que es de alrededor de 1 pie cúbico) que se encuentre seguro de las condiciones del tiempo y de vandalismo.
- Una forma de llevar los cables de cualquier esquina de la intersección hacia la fuente de energía y la unidad *Peek*, ya sea de forma aérea o subterránea.

1. Diferencias Básicas entre Peek y Autoscope

Las diferencias entre las dos tecnologías se pueden dividir entre las que son de programación (*software*) y las de equipo (*hardware*). Esencialmente las diferencias en la programación se basan en:

- El sistema *Autoscope* se basa en la sobre imponer distintos tipos de detectores virtuales en la imagen tomada de la cámara y unirlos con funciones lógicas a gusto del instalador para realizar el conteo; en el sistema *Peek* los contadores están

unidos a un carril virtual donde es necesario pasar por cierta parte del carril para ser contado.

- En el equipo de *Peek* basta con conectar la computadora a una unidad para lograr acceso a hasta seis cámaras y con el equipo de *Autoscope* cada unidad controla una sola cámara.
- Para utilizar ambos programas es necesario conocer bien el uso de las computadoras y las terminologías comúnmente utilizadas en estas, pero el software de *Autoscope* requiere que para ver la información se usen otros programas, mientras que el de *Peek* muestra los datos tanto numérica como gráficamente a través del mismo programa.

Por otro lado, las diferencias en el *hardware* de ambos equipos se basan en lo siguiente:

- Las cámaras de *Peek* son en blanco y negro y de baja resolución; las de *Autoscope* son a colores y de alta resolución.
- El peso de las cámaras de *Peek* es más del doble del peso de las de *Autoscope*.
- Se pueden instalar hasta seis cámaras con un equipo de *Peek* y solo una a la vez con el de *Autoscope*.
- El sistema de amarre de las cámaras es distinto para cada equipo.

Aunque cabe señalar que las cámaras, aunque vinieron con los equipos, pueden ser cambiadas por cualquier otro sistema de grabación/reproducción de video.

2. Instalación

Para realizar la instalación se tuvo que adquirir sobre setecientos pies (700') de cables eléctricos y coaxiales de alta calidad, para cortarlo en tamaños que sirvan para un buen número de intersecciones. En la Figura VI-8 se muestra los largos de los cables necesarios para una intersección de 4 entradas donde una de las carreteras es una arteria principal y la otra una colectora. Dichos largos incluyen llegar hasta el tope del poste de alumbrado, de alrededor de 36 pies. Los cables deben ser preparados y numerados antes de llegar al lugar de la instalación recordando siempre que si se va a instalar en varios lugares es necesario que se utilice el largo crítico (el más largo) para cada uno de los cables.

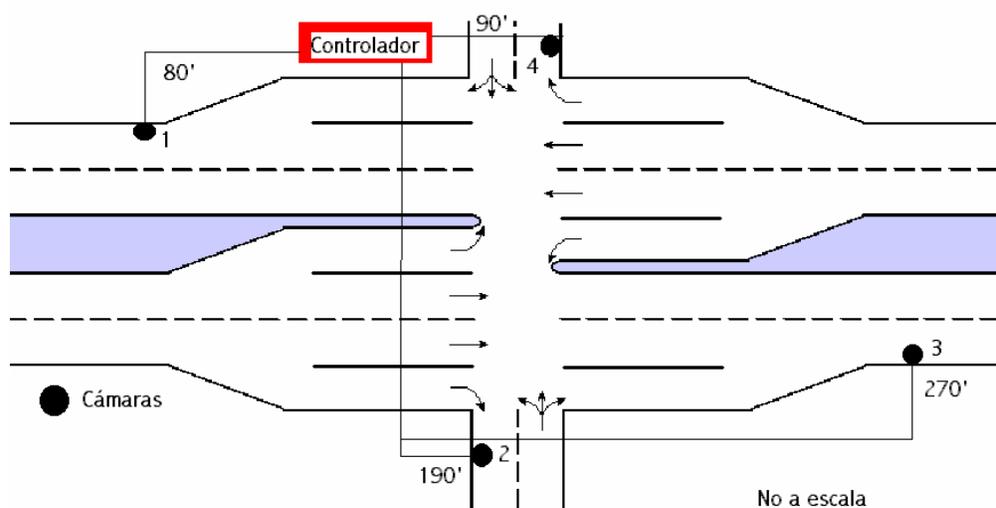


Figura VI-8 Largos del cableado en intersecciones

El plan de trabajo constaba en hacer el trabajo de manera tal que interrumpiera el tráfico lo menos posible. Por esta razón se decidió trabajar durante los fines de semana. Debido a la experiencia con los equipos Autoscope se esperaba que la instalación se pudiera realizar en aproximadamente 8 horas (esto no incluye el tiempo de programación). A la

semana de haber empezado a tomar datos, el equipo se desinstalaría en un tiempo de 5 horas (dejando los equipos ordenados). El procedimiento planeado era el siguiente:

1. Preparación

- a. Preparar los cables, tanto los eléctricos como los de imagen
- b. Revisar los equipos
- c. Revisar la intersección
- d. Revisar que el equipo y herramientas estén completos
- e. Revisar que los equipos de seguridad estén completos
- f. Asignar tareas al personal
- g. Asegurar la asistencia del camión con canastilla
- h. Planear la colocación de los cables
- i. Establecer los parámetros de seguridad y control vial que se va a establecer para colocar cada cámara

2. Arribar a la intersección

- a. Se acomodan los cables y cámaras de manera tal que facilite el trabajo
- b. Se colocan las medidas de seguridad necesarias

3. Colocar la cámara uno (1), que es la más cercana al controlador (usando de ejemplo la Figura VI-8)

- a. Esto asegura que se pueda verificar el equipo pronto, debido a que esta debe ser la cámara cuya instalación es más sencilla
- b. Implementar las medidas de seguridad y control vial para colocar esta cámara. Esto varía según la distribución de la intersección.
- c. Amarrar al poste de alumbrado

- d. Apuntar a la sección de carretera deseada
 - e. Acercar la imagen (o dar *zoom*)
4. Llevar los cables de las cámaras dos (2) y tres (3) a la esquina de la dos (2)
 - a. Este constituye el movimiento más difícil de la instalación, aquí es donde los cables se pasan de un lado a otro de la carretera principal. Se debe hacer aprovechando la luz roja para los movimientos.
 - b. De haber ductos disponibles es recomendable su uso
5. Colocar la cámara dos (2)
 - a. Repetir 3-b, c, d y e
6. Llevar los cables hasta la cámara tres (3)
7. Colocar la cámara tres (3), que es la más lejana
 - a. Repetir 3-b, c, d y e
8. Llevar los cables a la esquina de la cámara cuatro (4)
9. Coloca la cámara cuatro (4)
 - a. Repetir 3-b, c, d y e
10. Programar
 - a. El programador necesita tomar cierto tiempo para decidir donde va a colocar los detectores, por eso es recomendable que lo haga en otro día
 - b. El tiempo de programación puede variar dentro de dos a cuatro horas, debido a que se debe observar como funcionan los detectores luego de haber sido colocados
11. Esperar que la maquina recopile los datos
 - a. Se debe revisar diariamente el funcionamiento del equipo

12. Desinstalar

- a. Esto conlleva un procedimiento similar al de instalar pero al revés

El primer intento para instalar las cámaras fue un sábado a las 11:00 AM, en un intento por reducir el efecto de la instalación en el tráfico. Luego de 7 horas de trabajo se había instalado una cámara y la imagen de ésta no era transmitida al monitor. Además el trabajo durante la noche se volvió uno complicado y peligroso a pesar tener un buen alumbrado. Los riesgos y complicaciones fueron los siguientes:

- El trabajo con el camión con canastilla creaba una gran distracción visual para los conductores, aunque el vehículo físicamente no interrumpía el flujo.
- El área de trabajo (*workzone*) no era lo suficientemente largo para el trabajo que se estaba realizando, la velocidad libre de ese lugar y la hora del día.
- A pesar de tener el área de trabajo alumbrada, si algo caía en la grama era difícil de encontrar.

Si el trabajo no hubiese sido interrumpido por el desperfecto técnico, de cualquier forma hubiera sido difícil continuar el trabajo debido a que era necesario interrumpir el flujo por unos minutos para pasar los cables al otro lado de la intersección; lo que por la hora hubiese sido una maniobra peligrosa.

Por lo tanto se decidió terminar las labores por ese día. En la semana el técnico electricista revisó los cables de la cámara que ya estaba montada y parecían estar bien conectados y en buen estado. Además se instaló la caja de detección de *Peek* dentro de la caja del controlador del semáforo de esa intersección con la ayuda de la oficina regional de Mayagüez del Departamento de Transportación y Obras Públicas (DTOP).

Continuamos la instalación otro sábado a las 9:00 AM. Se terminaron de instalar las cámaras y cable ese mismo día luego de 8 horas de trabajo, pero aún no se había preparado el software de *Peek* para empezar la detección.

Dentro de una instalación en una intersección, la labor más difícil es la de pasar los cables al otro lado de la intersección. Se debe detener el tráfico para colocar el camión con canastilla en posición y luego se debe interrumpir para pasar los cables. Por otro lado la interrupción al tráfico se puede reducir esperando a que el semáforo detenga un movimiento para trabajar en ese lugar y trabajando en cortos intervalos de tiempo en la carretera.

Asimismo colocar la cámara en su lugar también era trabajoso debido al gran peso y al sistema de agarre que tienen las cámaras que trajo el equipo de *Peek*. Esto incluido a que el instalador debe mantener el equilibrio⁵ mientras se encuentra en la canastilla del camión. De hecho colocar la cámara requiere de una buena condición física.

El controlador de *Peek* sufrió varios desperfectos durante la instalación. Cuando se empezó a trabajar con el equipo de *Peek* luego de varios intentos de programarlo se determinó que estaba dañado y se mandó al manufacturero para ser arreglado. Se recibió el equipo y trabajó correctamente por varios días. Se desconoce la causa del desperfecto, pero se presume que fue debido a la conexión eléctrica.

La desinstalación de las cámaras y cables duró 7 horas, dejando el equipo bien organizado. De nuevo se revisaron los cables y se dejó la intersección sin rastros del trabajo que allí se realizó.

⁵ Se refiere a que debido a que la canastilla gira en su eje horizontal el instalador debe mantener balance

3. Estudio de Caso

Como parte de un proyecto para la conversión a expreso de la carretera PR-2 en el área de Mayagüez, desde la intersección con la avenida corazones hasta la PR-115 (PR-109) se utilizaron las cámaras que vinieron con *Peek* con el equipo *RackVision* de *Autoscope* y el *SoloPro* de *Autoscope*.

La instalación de las cámaras tomo alrededor de 14 horas de trabajo. Se instalo el Equipo de *SoloPro* en poste de alumbrado que permitía hacer conteo a los vehículos que entran a Mayagüez y el resto de las cámaras en las demás. El equipo de *SoloPro* es el que ya había sido probado anteriormente por lo que teníamos más confianza en sus datos. Además fue mucho más sencillo instalar ese equipo debido al sistema de cableado que concentra todos los cables en uno. Asimismo el sistema de agarre al poste, junto con la reducción de peso hizo mucho más sencillo la instalación al poste. El resto de las cámaras se colocaron en su lugar pero en vez de usar el sistema de *Peek* se utilizaron los *Rackvisions* adquiridos por la universidad.

La toma de datos continuó sin mayores problemas hasta el día de la desinstalación donde tres personas bajaron los equipos en 5 horas, pero fueron almacenados sin recoger de una forma correcta. Entre las tres personas se incluye el chofer, el abanderado y el instalador.

F. Análisis de Datos

Las pruebas hechas a los equipos proporcionaron información sobre la exactitud del equipo. Al realizar estos conteos se pudo observar que la exactitud de los datos era alta, por la ayuda de la cancelación de errores. Esta cancelación de errores ocurre por ejemplo cuando el equipo cuenta en más de una ocasión a un mismo vehículo, pero en otro intervalo pasan algunos vehículos sin ser contados. Para verificar que la cancelación de errores no fuera tal, que el equipo no funcionara como se espera, se hicieron curvas de frecuencia y frecuencia acumulada.

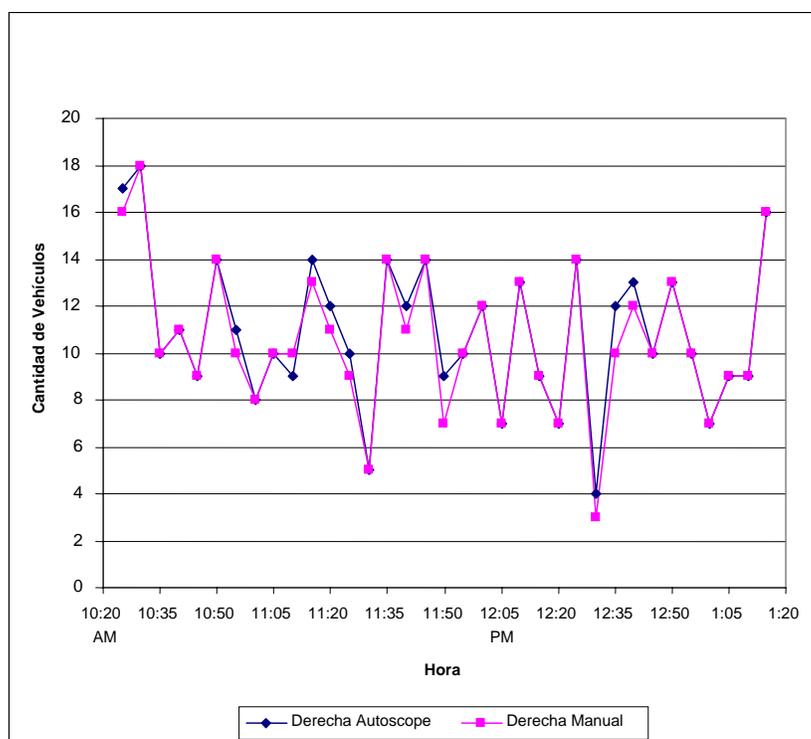


Figura VI-9 Curva de Frecuencia de la prueba en Zona Suburbana en laboratorio.

Estas curvas demuestran que los conteos con el equipo *Autoscope*, comparado con los reales, siguen el mismo patrón de comportamiento. En la Figura VI-9 se muestra una de estas

curvas. En esta figura se presentan los movimientos contados por *Autoscope* en comparación a los conteos manuales. Esta figura muestra que la forma de la curva para los conteos de *Autoscope* es similar a la forma de la curva de los conteos manuales de precisión. Otro ejemplo se presenta en la Figura VI-10, donde se observa que las curvas también son similares en forma, aunque haya pequeñas variaciones.

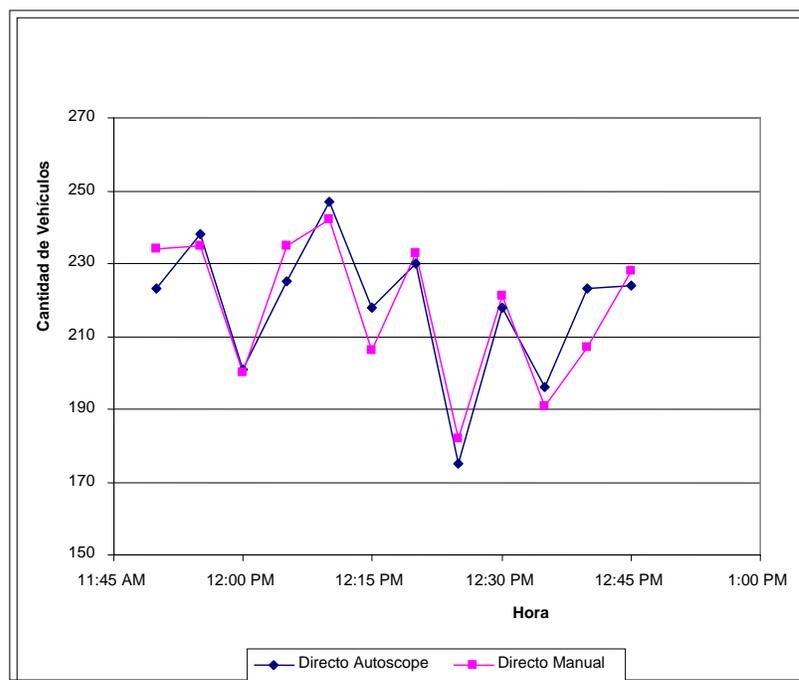


Figura VI-10 Curva de Frecuencia de la segunda prueba en Zona Urbana.

Analizando las curvas de frecuencia acumulada se encontraron los mismos resultados: aunque no son idénticas la forma de las curvas se conserva. Como ejemplo de este análisis se presenta la Figura VI-11, que es la curva de frecuencia acumulada de la prueba en la Zona Rural para los movimientos directos. Aunque los conteos de *Autoscope* están por debajo de los conteos manuales, siguen estando dentro de lo que es aceptable.

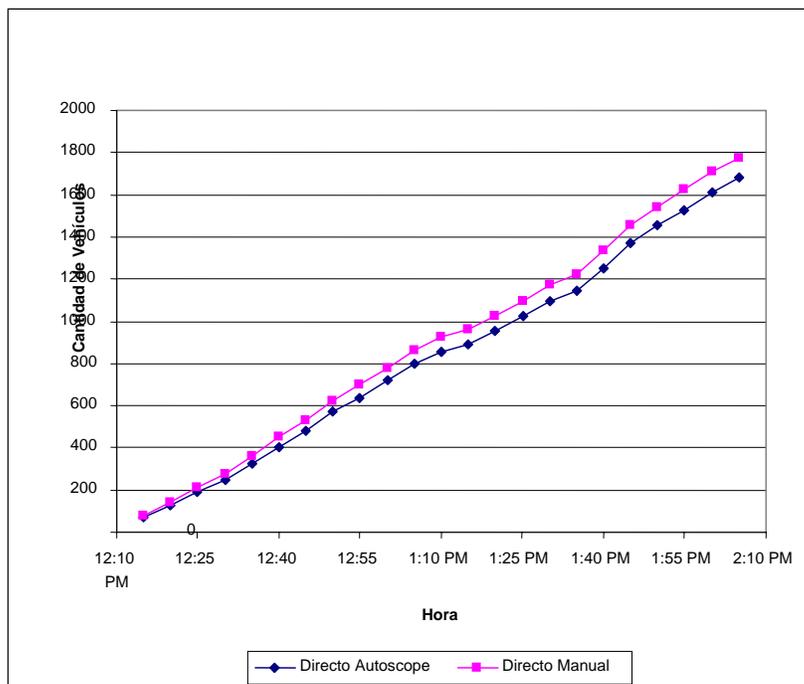


Figura VI-11 Curva de Frecuencia acumulada de la prueba en la Zona Rural.

En el apéndice se presentan las curvas de frecuencia absoluta y de frecuencia acumulada correspondientes a las pruebas que se incluyen en este informe.

Para determinar los errores del equipo se realizaron tablas y figuras separando los errores negativos y positivos, como ejemplo del tipo de grafica se encuentra la Figura VI-12. En esta se muestran los errores separados por movimiento y por tipo. Existen dos tipos de errores los positivos que son cuando Autoscope contó más vehículos de los que realmente pasaron y los negativos son cuando se contaron menos vehículos. En la figura se puede observar que el mayor por ciento de error ocurrió en el intervalo de 12:00 PM a 12:05 PM, cuando el movimiento a la derecha tuvo un error positivo de 11.5%. En el Apéndice A se encuentran todas las tablas y figuras que se realizaron al respecto.

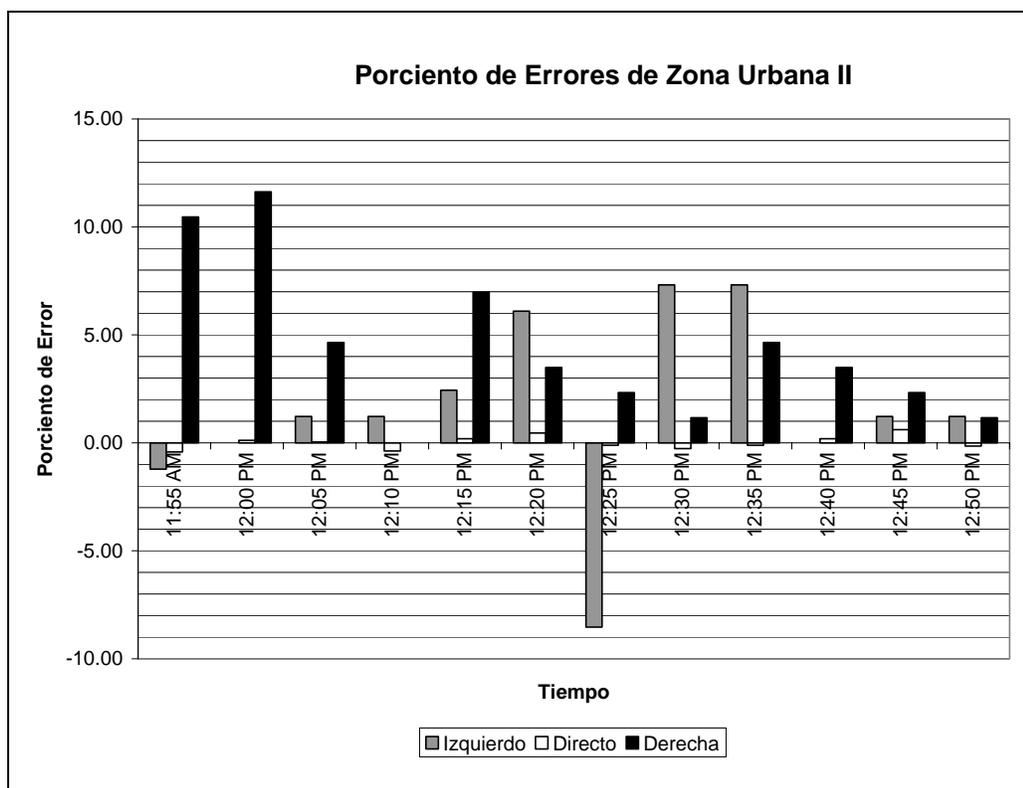


Figura VI-12 Por ciento de Errores Zona Urbana II

Además se realizó un análisis económico simple que muestra un ejemplo hipotético de una intersección. El estudio se presume en una intersección en cruz en la cual los dos accesos de la vía principal tienen 3 carriles para el movimiento directo y carriles exclusivos de viraje a la derecha y a la izquierda y los dos accesos de la vía secundaria tienen un carril para cada movimiento.

En la Tabla VI-13 se muestra el análisis realizado para los conteos manuales. El estudio se considera de 12 horas (6 por la mañana y 6 por la tarde). El número de aforadores es de 10 personas o sea 5 por turno (4 aforadores y uno de reemplazo). Además una de las personas es considerada supervisor y es la persona encargada de preparar las tablas que van a llenar y de examinar la intersección antes de llegar el día de trabajo. También se le añade un

cargo por transportación de \$40 dólares por persona que es el estimado del costo de llevar a cada persona al lugar junto con su sueldo.

Tabla VI-13 Conteos Manuales

	Personas	tiempo (hr)	meriendas (\$/persona)	sueldo (\$/hr)	transportación (\$/persona)	total (\$)
Aforadores	10	6	4	10	40	680
Supervisor	1	22	4	14	40	352
Total						1032

El costo de los equipos de Autoscope (4 cámaras con sus conexiones y el sistema de conteo) se considera de \$20,000 que con una vida útil de 5 años y una tasa de descuento de 10% resulta en un costo semanal del equipo de \$100. El camión con canastilla tiene un costo de \$500 semanales (considerando el costo de alquiler). En la Tabla VI-14 se muestran los costos utilizando el equipo Autoscope según fue probado en este proyecto. Cabe recalcar que durante el tiempo que esté instalado el equipo se pueden medir otros parámetros de tráfico.

Tabla VI-14 Autoscope sobre Postes

	Personas	tiempo (hr)	meriendas (\$/persona)	sueldo (\$/hr)	transportación (\$/persona)	total (\$)
Instaladores	5	16	0	10	0	800
Supervisor	1	20	0	14	0	280
Equipos						100
Camion						500
Total						1680

La unidad compleja de video-detección es una Van (o remolque) que sirve para acomodar los equipos y tiene un gato hidráulico que sirve para colocar las cámaras en una buena posición (vea Figura VI-13). Se considera que tiene un costo de \$100,000 dólares con una vida útil de 10 años. Este costo incluye un sistema de seguridad y anclaje para evitar robo y vandalismo al equipo y también la sustitución del equipo de Autoscope una vez,

durante el período de 10 años. El costo semanal del equipo resulta ser \$325. Durante esta investigación no probamos la tecnología de esta manera pero en la literatura muestra que hay lugares donde se está utilizando de esta manera. En la Tabla VI-15 se muestra el análisis económico de esta forma de hacer conteos.

Tabla VI-15 Unidad Compleja de Video-Detección

Personas	tiempo (hr)	meriendas (\$/persona)	sueldo (\$/hr)	transportación (\$/persona)	total (\$)
2	6	0	12	0	144
				unidad 1	325
				unidad 2	325
				Mantenimiento	100
				Total	894



Figura VI-13 Unidad Compleja de Video-Detección

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La tecnología para hacer conteos de vehículos en intersecciones semaforizadas ha mejorado sustancialmente en los últimos años. Debido a esto el uso de conteos manuales parece ser, cada vez más obsoleto. El propósito principal de esta investigación es encontrar un método alternativo, a los conteos manuales, que sea eficiente y tenga una buena precisión. Para eso fue necesario investigar todas las tecnologías existentes: detectores magnéticos, infrarrojos, de microondas, de video y por radar. Luego de buscar en la literatura se determinó la tecnología más eficiente para la recolección de datos de campo en intersecciones. Esta tecnología resultó la de imagen a través de video, razón por la cual se decidió estudiarla a fondo.

Existen varias compañías que producen tecnologías para hacer conteos de vehículos a través de imágenes de video. Las compañías cuyas tecnologías fueron investigadas fueron: *Image Sensing Systems (Autoscope)*, *Trafficon*, *Iteris* y *Peek Traffic*. En la revisión de literatura y folletos informativos de todas las compañías, los productos *Autoscope* de *Image Sensing Systems* resaltaron de los demás. Con la colaboración del Laboratorio de Tránsito del Departamento de Ingeniería Civil, se adquirieron los equipos *Autoscope SoloPro* (que incluye cámara y procesador de imagen) y *RackVision* (procesador de imagen) para hacerle pruebas a estos equipos y confirmar la información sobre su eficiencia. Estos equipos son distribuidos por la compañía Econolite.

En términos de los errores, se denomina error positivo aquel donde *Autoscope* muestra un conteo mayor al real. El error negativo es aquel en donde *Autoscope* muestra menos vehículos de los que realmente pasaron.

Luego de probar el equipo se pudo comprobar la eficacia de éste bajo diversas condiciones. El equipo de *Autoscope* demostró funcionar correctamente en carreteras con carriles exclusivos para movimientos izquierdos, directos y derechos. Esto se demuestra en las pruebas de la zona Urbana, zona Rural y zona Suburbana. El por ciento de error por acceso en todos los casos es menor de 8% (separando los errores positivos y negativos). El mayor error por acceso ocurrió en la prueba del área suburbana realizada en el laboratorio con un error negativo de 7.57%. El porcentaje de mayor error por carril ocurrió en el carril de virajes a la derecha, en la zona Urbana con un por ciento de error positivo de 52.3%. El cual fue provocado por una mala posición de la cámara, esta fue instalada en un puente peatonal (era necesario que estuviera más alta).

Por otro lado, en carriles con movimientos no exclusivos o indebidamente marcados (virajes a la derecha, izquierda o directo) donde hay gran interacción de peatones y otros eventos que alteran la imagen (Ej. Aves), este equipo *no tiene la capacidad* para realizar conteos correctamente. Esto quedó demostrado en la prueba del casco Urbano de Mayagüez donde se observó un error por acceso de 58.6% y un error por movimiento a la izquierda superior al 100%. Estos errores fueron causados por limitaciones de los detectores de *Autoscope* para diferenciar los virajes a movimientos directos, en carriles indebidamente marcados. Además el alto número de peatones en el área, sobretodo en grupos, tienden a marcar los detectores. Otro factor que contribuye al por ciento de error es el viraje de los camiones, al tener un radio de giro mayor que un vehículo convencional, tiende a marcar más de un detector a la vez. En esta prueba la cámara se ubicó lo mejor posible, dentro de las estructuras adyacentes que estaban disponibles para su instalación.

El equipo *Autoscope* demostró funcionar eficientemente en accesos de 4 carriles (dos carriles directos, un carril exclusivo para la izquierda y uno para la derecha) y en accesos de 5 carriles. Si todos los carriles están debidamente marcados y tienen uso exclusivo, el sistema *Autoscope* tiene un funcionamiento satisfactorio. El error obtenido en conteos por acceso está dentro de un 8% y para conteos por arco de 5%. Es importante recalcar que típicamente, para esa cantidad de carriles, el volumen vehicular en el periodo pico suele ser alto. Los volúmenes altos dificultan los conteos manuales, aún para brigadas de conteo experimentadas, y los errores que se pueden presentar son mucho mayores al obtenido utilizando este equipo de conteo automáticos.

Según el análisis de costos de *Autoscope* vs. conteos manuales, si solamente se va a medir el volumen de vehículos por un (1) día, entonces es más económico el conteo manual. Si el conteo de volumen se va a realizar por dos (2) días o más, entonces es más económico *Autoscope*. Es importante recalcar que si se van a medir otros parámetros como velocidad, espaciamiento, clasificación y presencia, entonces es más económico *Autoscope*. Por otro lado, comparando los conteos manuales con las unidades complejas de video-detección, las segundas son 10% más económica y tiene la ventaja de poder medir otros parámetros.

Se considera necesario hacer estudios de dos días (día de semana y fin de semana) en intersecciones que se ven afectadas por zonas comerciales o turísticas. Es principalmente importante cuando se esperan grandes diferencias en el comportamiento de la intersección dependiendo del día.

Los equipos de detección de vehículos a través de video están entre las tecnologías en mayor desarrollo. Al realizar las pruebas se evaluó la eficacia y limitaciones del equipo no intrusivo *Autoscope*. La tecnología de video requiere la coordinación con el controlador de la

intersección semaforizada para ser eficiente en estudios de intersecciones donde hay movimientos compartidos. Esta situación se encuentra típicamente en los cascos urbanos donde resulta difícil determinar los movimientos dentro de la intersección, por lo que es más efectivo continuar realizando conteos manuales.

Luego de realizar estudios bajo diferentes condiciones se pudo demostrar la eficacia del equipo *Autoscope*. En intersecciones con carriles de uso exclusivo se demostró que es una tecnología efectiva y eficiente, obteniendo bajos por cientos de error. Aunque el equipo *Autoscope* no es absolutamente exacto, nos permite observar el comportamiento vehicular en la intersección con una precisión bastante alta para este tipo de estudios. De esta manera se pueden determinar las horas pico y el flujo vehicular. Al utilizar este equipo no intrusivo se evita exponer el personal a condiciones de peligro, las cuales surgen al utilizar otros métodos de recolección de datos.

Por otro lado, al realizar un estudio completo en una intersección se debe considerar el tiempo que se va a realizar el estudio y compararlo con el costo de instalación para determinar si es eficiente hacer el estudio con las cámaras. Por ejemplo, si solo se desea obtener la hora pico, en una intersección pequeña (1 ó 2 carriles por entrada) y con un conteo de solo un día se puede realizar, no hay duda que utilizar el sistema de cámaras va a ser mucho menos eficiente. Si se desean obtener varios parámetros como volumen, velocidad y presencia, en una intersección de cinco (5) carriles por entrada (bien definidos), de alto flujo y por varios días; no hay duda de que va a ser más efectivo utilizar el sistema que utiliza imágenes de video.

Asimismo la parte más complicada durante la instalación de las cámaras en una intersección es el movimiento de los cables hacia el controlador. Utilizando sistemas “sin

cables” o *wireless* se soluciona el problema de tener que llevar los cables hasta el controlador (donde típicamente se coloca el equipo), pero como quiera hay que proveerles energía a las cámaras. En el mejor de los casos, existe un enchufe en cada poste de alumbrado donde instalar las cámaras, pero esta no es la condición típica. Por lo tanto, se debe hacer una coordinación adicional con la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) para tener electricidad disponible en cada poste. El mejor caso probable es que se cuente con algún cable de 110v por lo menos en cada esquina de la intersección, y sea posible obtener energía de estos cables en coordinación con la AEE.

No obstante, como quiera habría que colocar las cámaras encima de los postes de alumbrado y colocar algún tipo de cableado, lo cual en algunas intersecciones puede causar interrupción al flujo normal, es por eso que surge la idea de unidades complejas de video-detección. Las unidades complejas de video-detección las defino como un equipo autosuficiente donde se transporta la unidad, se instala, se programa y queda lista para tomar los datos. Para lograr esto se necesita un equipo que tenga la habilidad de subir la cámara a una posición alta, que sea seguro para el equipo y energéticamente independiente. Actualmente se están utilizando vehículos (*vanes*) con gatos hidráulicos para subir las cámaras, cuyos motores sirven de planta eléctrica. En una intersección de cuatro (4) entradas serían necesarios entre 2 y 4 unidades complejas para realizar el estudio. Luego de hacer un análisis económico simple al respecto, cabe recalcar que si existe la facilidad de solamente tener que utilizar dos unidades complejas de video-detección tiene prácticamente el mismo costo que un conteo manual. Además el hecho de que se puedan medir más parámetros hace más costo efectivo de uso de las unidades complejas.

El problema que surgió con el equipo de *Peek Traffic* debería no ser la norma, pero durante la realización del estudio se dañó dos veces este equipo. Las fallas del equipo no permitieron que se probara la precisión y exactitud de éste. Aunque al ver como funciona el *software* de *Peek* da la impresión de que toma los datos de una manera más precisa de lo que el equipo de *Autoscope*. La presunción de la mayor precisión se debe a que los detectores son más sencillos, lo que disminuye la oportunidad de incurrir en errores humanos. Por otro lado los detectores de *Autoscope* parecen proveer para que se hagan estudios más exactos porque un programador bien adiestrado puede tomar gran provecho del tipo de detectores que utiliza éste *software*.

Finalmente, mientras más difícil y costoso sea hacer un conteo manual, más beneficioso es usar el sistema de detección de vehículos a través de imágenes de video. El punto exacto donde es más provechosa una cosa sobre la otra es función del volumen esperado, carriles por entrada, duración del estudio, cantidad de parámetros de tráfico, sueldo del personal, disponibilidad de espacio, seguridad y costo del equipo de cámaras. Dentro de los distintos tipos de tecnologías no intrusivas para detección de vehículos, la tecnología de imágenes de video es la que sobresale según la literatura y demuestra que la mayoría de las características que se le adjudican son correctas.

Al realizar esta investigación se evaluó el funcionamiento de detección de vehículos a través de imágenes de video. Una vez realizados los estudios, se observa que para las condiciones locales de Puerto Rico, la tecnología de video tiene un gran potencial de aplicación. Por lo tanto, se recomienda que se considere este tipo de tecnología para realizar estudios en intersecciones en el futuro. Las ventajas son notorias y aunque la precisión no sea

del 100%, es similar a la obtenida en conteos manuales para intersecciones o segmentos de carretera con flujos altos.

Existen varias condiciones adicionales en las cuales se puede evaluar el equipo *Autoscope*. Entre estas se encuentran la instalación permanente del equipo incluyendo la instalación al controlador. De esta manera se pueden evitar los sobre conteos y otras posibles fuentes de error causadas por vibración.

Otra recomendación sería evaluar los mecanismos de identificación de cambios en sombras por la variación de luz solar durante todo el día y expandir los estudios para demostrar la efectividad de conteos nocturnos. Además se recomienda expandir los conteos a todos los accesos de la intersección y verificar el funcionamiento para establecer los ciclos de los semáforos.

Otra de las recomendaciones es investigar métodos alternos para configurar los detectores y recopilar datos (Ej. inalámbricos, Internet). También se recomienda la evaluación del equipo para reconocer incidentes para el uso de sistemas de ITS. Evaluar el equipo en la medición de otros parámetros de diseño como velocidad, tipo de vehículo y largo de cola. El adiestramiento continuo en el uso de esta tecnología es muy importante para el correcto desempeño de la nueva brigada de instalación.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Minnesota Department of Transportation and SRF Consulting Group, Inc. 2001. Evaluation of Non-Intrusive Technologies for Traffic Detection.
- [2] Roess, R.P., W.R. McShane and E.S. Prassa. 1998. Traffic Engineering. Prentice Hall, New Jersey, United States, p. 130-135.
- [3] Polk, A. 1996. Field Test of Non-Intrusive Traffic Detection Technologies. Minnesota Department of Transportation, Minnesota, United States, p. 236-242.
- [4] Vehicle detection Workshop. http://transops.tamu.edu/documents/TexITE_06_22_00/Session3.pdf. Texas Transportation Institute. 2003
- [5] 3M. <http://www.3m.com/us/safety/tcm/products/itsvids.jhtml>. 2003
- [6] Sensors. <http://transops.tamu.edu/content/sensors.cfm>. Texas Transportation Institute. 2003
- [7] Nathan A. Weber. Verification of Radar Vehicle Detection Equipment. Report SD98-15-F. March 1999.
- [8] Rob Edgar Research Group. Oregon Department of Transportation. Evaluation of Microwave Traffic Detector at the Chemawa Road/Interstate 5 Interchange. Project 304-021, April 2002.
- [9] Econolite Control Products, Inc. <http://www.econolite.com>. 2003
- [10] Peek Traffic. <http://www.peaktraffic.com>. 2003

- [11] Collection of vehicle activity data by video detection for use in transportation planning. <http://transaq.ce.gatech.edu/guensler/publications/journals/ITSJ99grant.pdf>. Georgia Tech. 2003
- [12] Ultrasonic Vehicle Detector. <http://rite.eng.fsu.edu/detection/UltrasonicSpecs.pdf>. Traffic Engineering Research Lab. 2003
- [13] Federal Highway Administration. 1997. Field Test of Monitoring of Urban Vehicles Operations using Non-Intrusive Technologies.
- [14] Survey on the use of vehicle detector for maintaining actuation during the construction of a signalized intersection. <http://rite.eng.fsu.edu/detection/products/MOTsurveyresult.PDF>. Traffic Engineering Research Lab. 2003

IX. LISTA DE APÉNDICES

Apéndice A. Tablas de datos y Gráficas de las Pruebas

Apéndice B. Imágenes tomadas con Autoscope

Apéndice C. Imágenes tomadas con Peek

Apéndice D. Ejemplo de Datos suministrados por Autoscope

Apéndice A. Histogramas de Frecuencia y Frecuencia Acumulada de las Pruebas

Casco Urbano

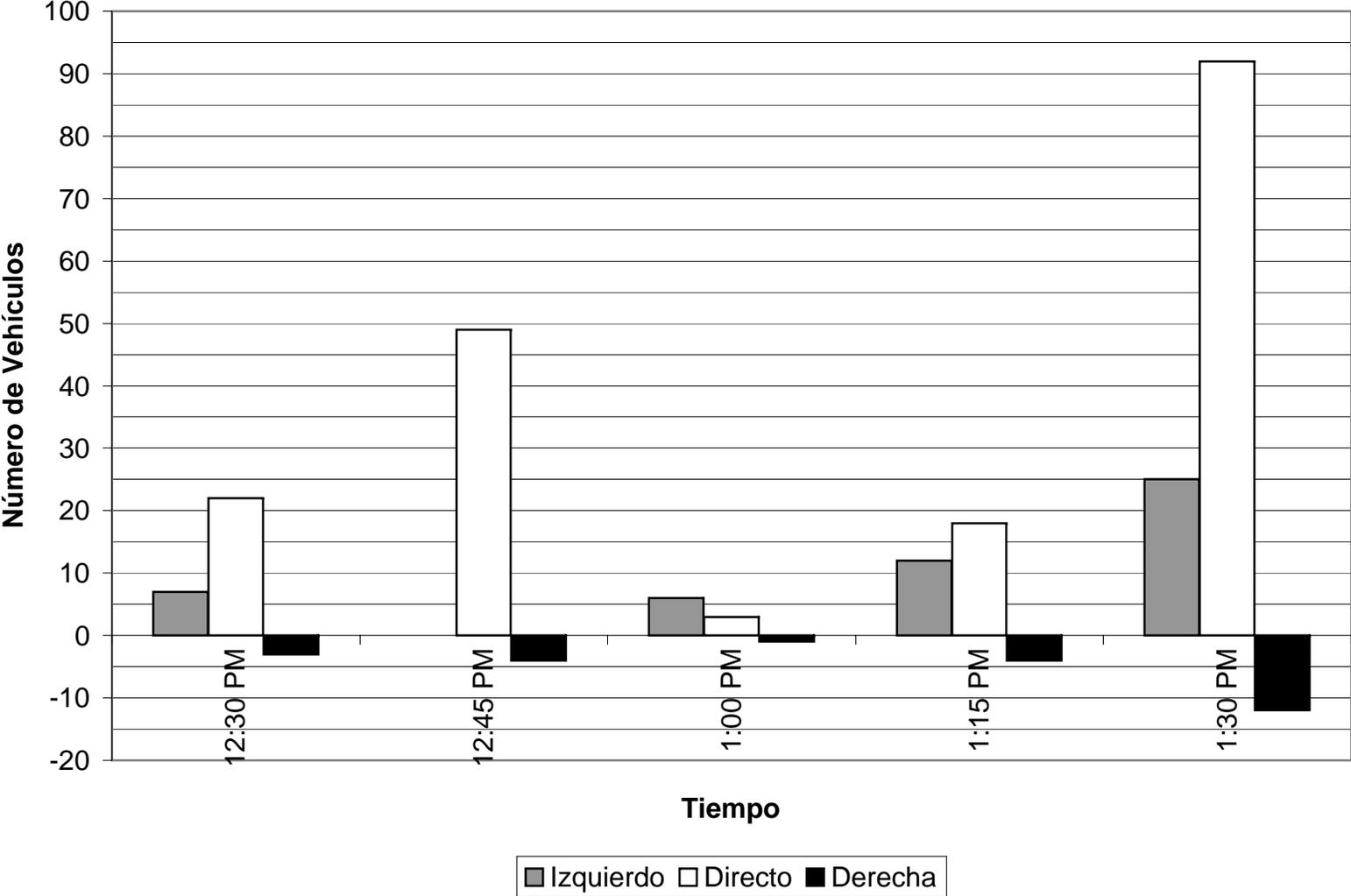
Intervalo	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
12:15-12:30 PM	9	2	64	42	5	8
12:30-12:45 PM	5	5	98	49	4	8
12:45-1:00 PM	15	9	43	40	3	4
1:00-1:15 PM	20	8	54	36	5	9
1:15-1:30 PM	49	24	259	167	17	29
Total	98	48	518	334	34	58
% de Error	104.17		55.09		41.38	

Intervalo	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
12:15-12:30 PM	7	22	-3	7	22	0	0	0	-3
12:30-12:45 PM	0	49	-4	0	49	0	0	0	-4
12:45-1:00 PM	6	3	-1	6	3	0	0	0	-1
1:00-1:15 PM	12	18	-4	12	18	0	0	0	-4
1:15-1:30 PM	25	92	-12	25	92	0	0	0	-12
Total	50	184	-24	50	184	0	0	0	-24
% de Error	104.17	55.09	41.38	104.17	55.09	0.00	0.00	0.00	41.38

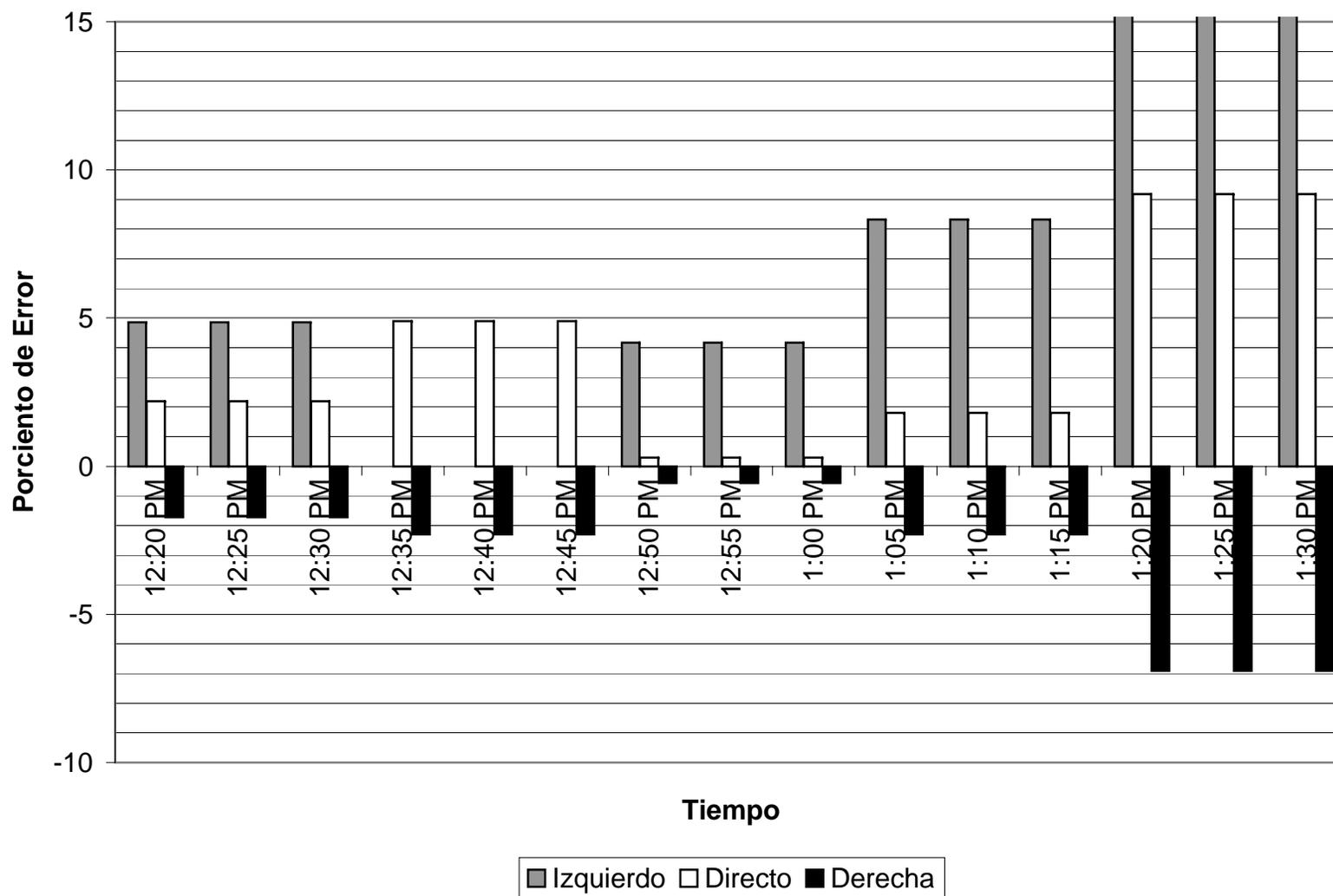
% de Error por Arco	47.73	Positivo	Negativo
% de Error por Acceso	58.64	53.18	5.45

Intervalo	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
12:15-12:30 PM	14.58	6.59	-5.17	14.58	6.59	0.00	0.00	0.00	-5.17
12:30-12:45 PM	0.00	14.67	-6.90	0.00	14.67	0.00	0.00	0.00	-6.90
12:45-1:00 PM	12.50	0.90	-1.72	12.50	0.90	0.00	0.00	0.00	-1.72
1:00-1:15 PM	25.00	5.39	-6.90	25.00	5.39	0.00	0.00	0.00	-6.90
1:15-1:30 PM	52.08	27.54	-20.69	52.08	27.54	0.00	0.00	0.00	-20.69
% de Error	104.17	55.09	-41.38	104.17	55.09	0.00	0.00	0.00	-41.38

Errores de Casco Urbano

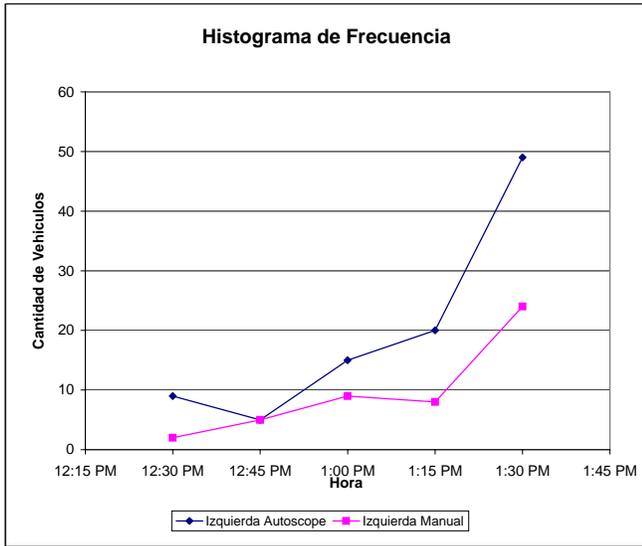


Porciento de Errores de Casco Urbano

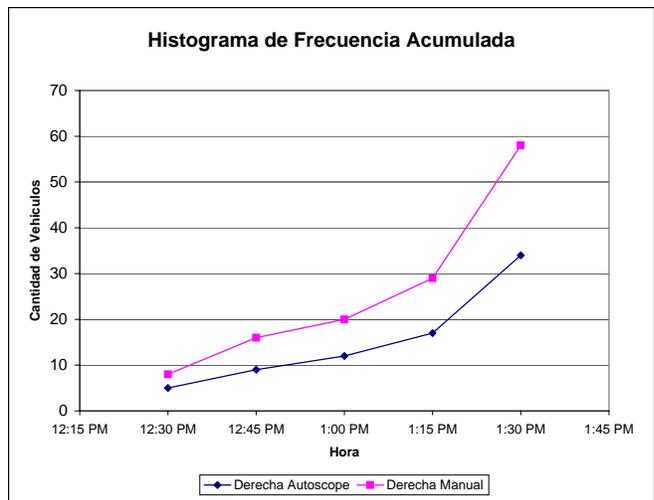
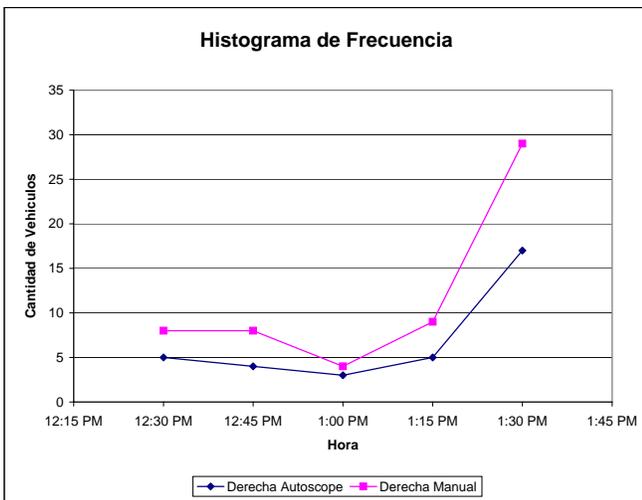
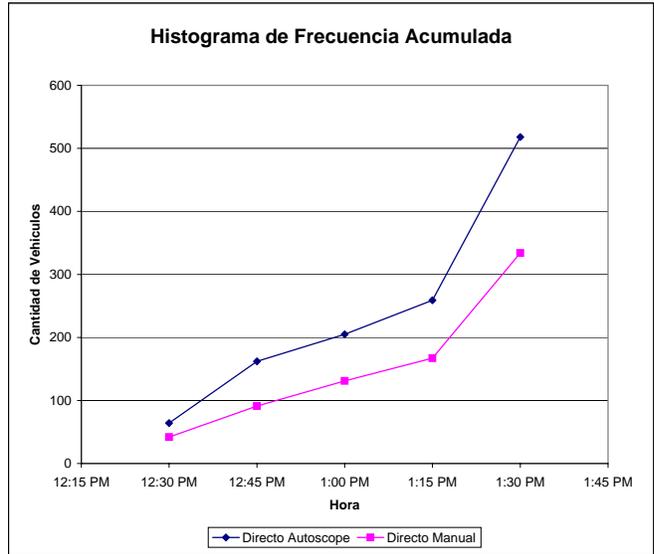
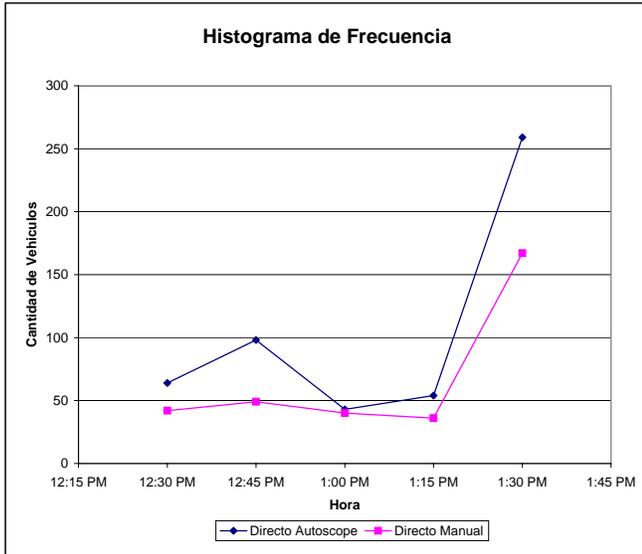
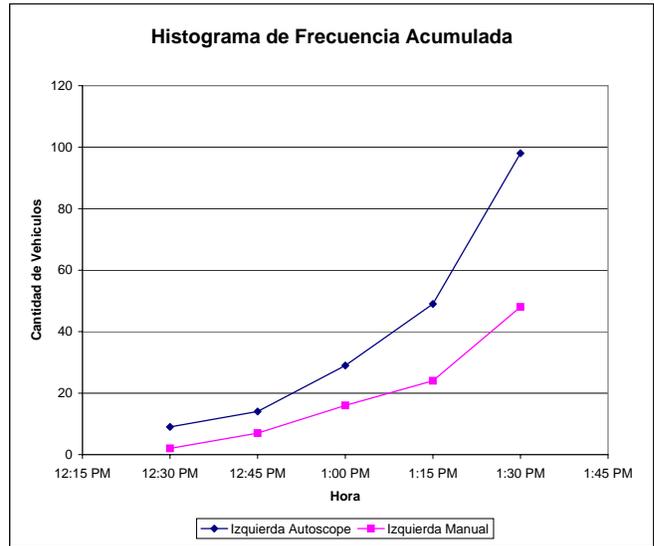


Prueba en Casco Urbano

Figuras A 1-3



Figuras A 4-6



Zona Urbana I

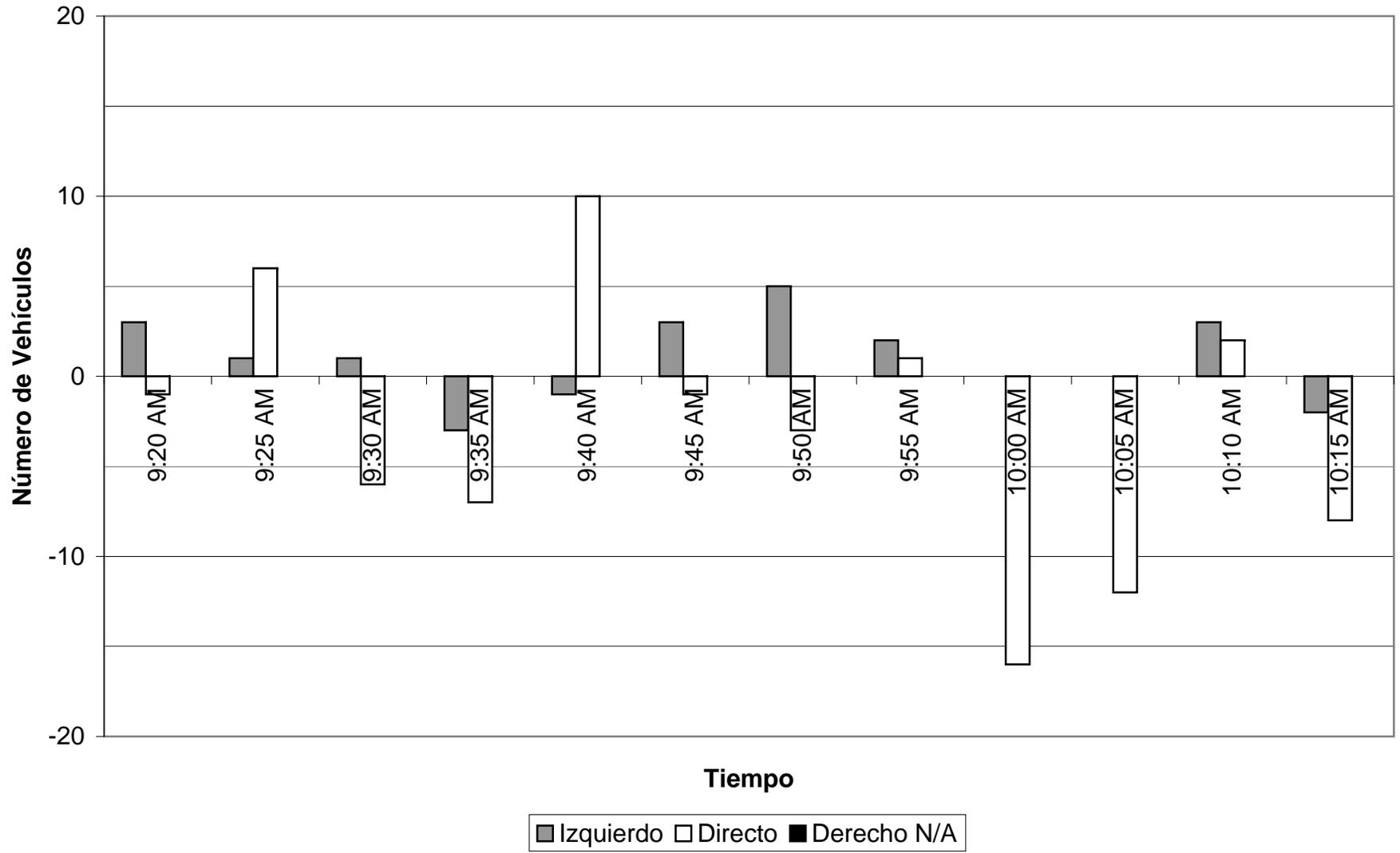
Intervalos	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
9:15-9:20 AM	6	3	216	217	13	-
9:20-9:25 AM	9	8	209	203	8	-
9:25-9:30 AM	6	5	201	207	8	-
9:30-9:35 AM	5	8	179	186	3	-
9:35-9:40 AM	2	3	227	217	10	-
9:40-9:45 AM	11	8	239	240	11	-
9:45-9:50 AM	15	10	192	195	11	-
9:50-9:55 AM	10	8	230	229	9	-
9:55-10:00 AM	2	2	215	231	12	-
10:00-10:05 AM	2	2	172	184	10	-
10:05-10:10 AM	11	8	234	232	9	-
10:10-10:15 AM	6	8	218	226	13	-
Total	85	73	2532	2567	117	-
% de Error	16.44		1.36		N/A	

Intervalos	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
9:15-9:20 AM	3	-1	-	3	0	-	0	-1	-
9:20-9:25 AM	1	6	-	1	6	-	0	0	-
9:25-9:30 AM	1	-6	-	1	0	-	0	-6	-
9:30-9:35 AM	-3	-7	-	0	0	-	-3	-7	-
9:35-9:40 AM	-1	10	-	0	10	-	-1	0	-
9:40-9:45 AM	3	-1	-	3	0	-	0	-1	-
9:45-9:50 AM	5	-3	-	5	0	-	0	-3	-
9:50-9:55 AM	2	1	-	2	1	-	0	0	-
9:55-10:00 AM	0	-16	-	0	0	-	0	-16	-
10:00-10:05 AM	0	-12	-	0	0	-	0	-12	-
10:05-10:10 AM	3	2	-	3	2	-	0	0	-
10:10-10:15 AM	-2	-8	-	0	0	-	-2	-8	-
Total	12	-35	-	18	19	-	-6	-54	-
% de Error	16.44	1.36	-	24.66	0.74	-	8.22	2.10	-

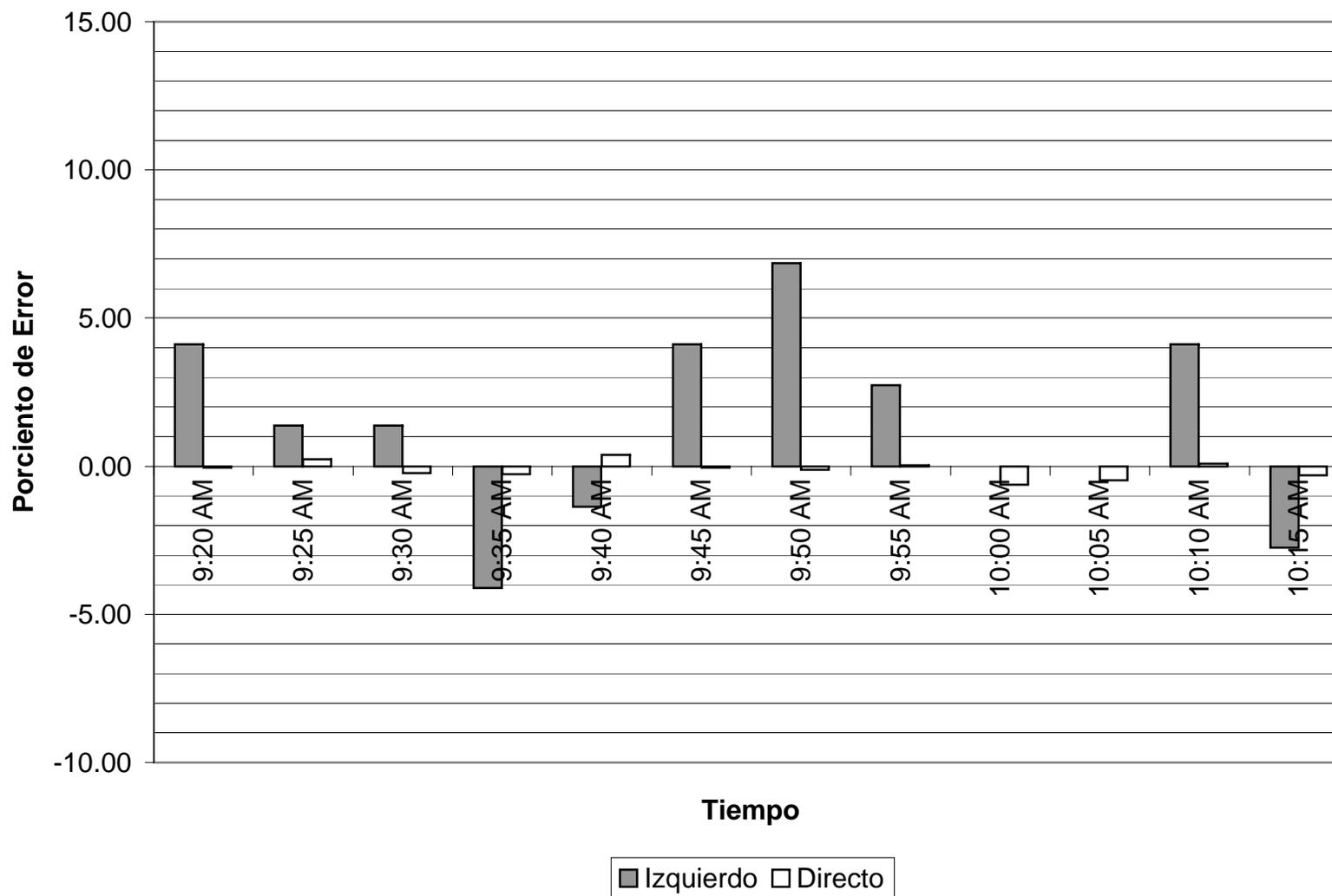
% de Error por Arco	-0.87	Positivo	Negativo
% de Error por Acceso	1.78	1.40	2.27

Intervalos	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
9:15-9:20 AM	4.11	-0.04	-	4.11	0.00	-	0.00	-0.04	-
9:20-9:25 AM	1.37	0.23	-	1.37	0.23	-	0.00	0.00	-
9:25-9:30 AM	1.37	-0.23	-	1.37	0.00	-	0.00	-0.23	-
9:30-9:35 AM	-4.11	-0.27	-	0.00	0.00	-	-4.11	-0.27	-
9:35-9:40 AM	-1.37	0.39	-	0.00	0.39	-	-1.37	0.00	-
9:40-9:45 AM	4.11	-0.04	-	4.11	0.00	-	0.00	-0.04	-
9:45-9:50 AM	6.85	-0.12	-	6.85	0.00	-	0.00	-0.12	-
9:50-9:55 AM	2.74	0.04	-	2.74	0.04	-	0.00	0.00	-
9:55-10:00 AM	0.00	-0.62	-	0.00	0.00	-	0.00	-0.62	-
10:00-10:05 AM	0.00	-0.47	-	0.00	0.00	-	0.00	-0.47	-
10:05-10:10 AM	4.11	0.08	-	4.11	0.08	-	0.00	0.00	-
10:10-10:15 AM	-2.74	-0.31	-	0.00	0.00	-	-2.74	-0.31	-
% de Error	16.44	-1.36	-	24.66	0.74	-	-8.22	-2.10	-

Errores de Zona Urbana I

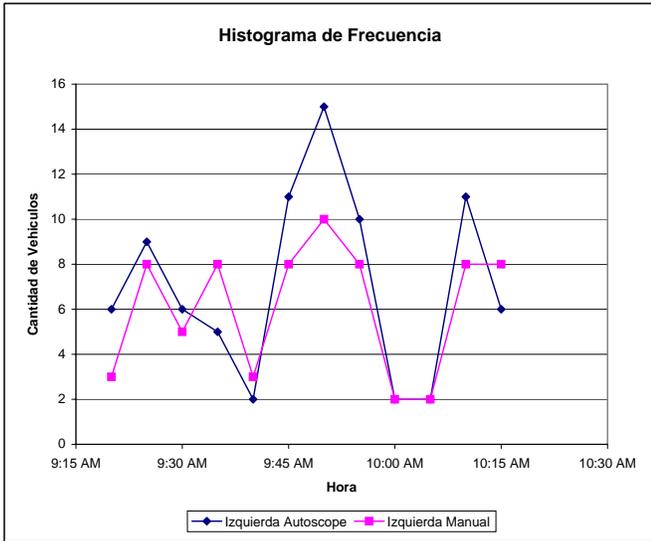


Porciento de Errores de Zona Urbana I

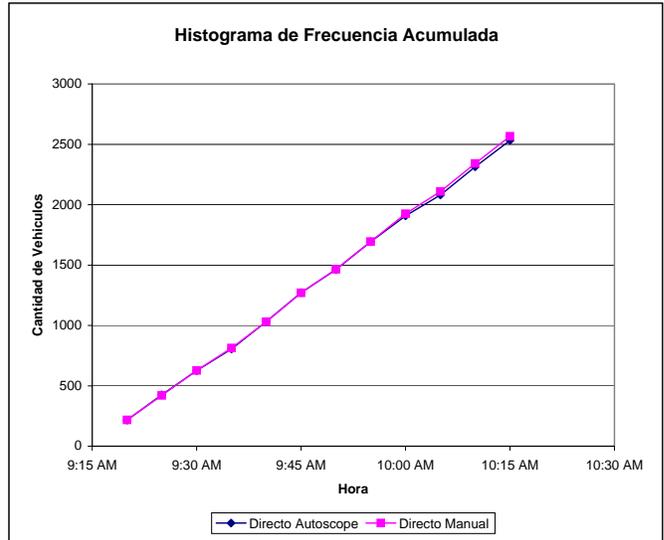
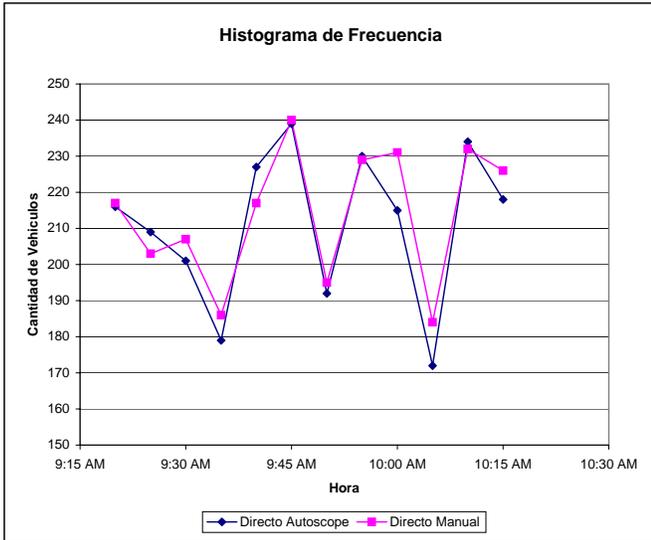
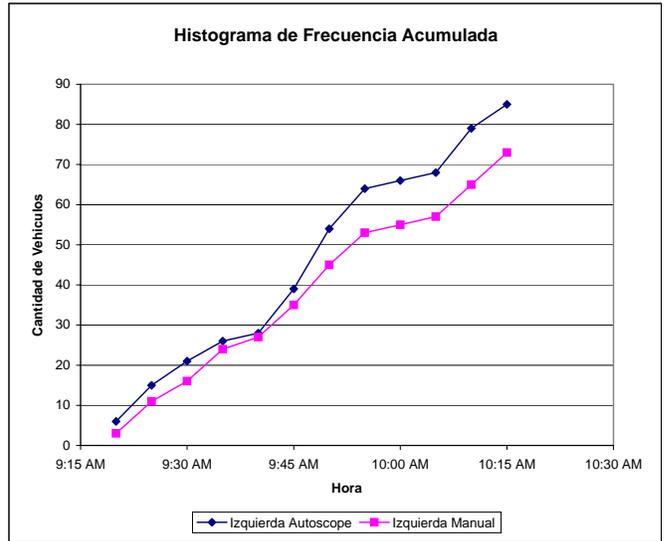


Prueba en Zona Urbana #1

Figuras A 7-9



Figuras A 10-12



Zona Urbana II

Urbana Parte II

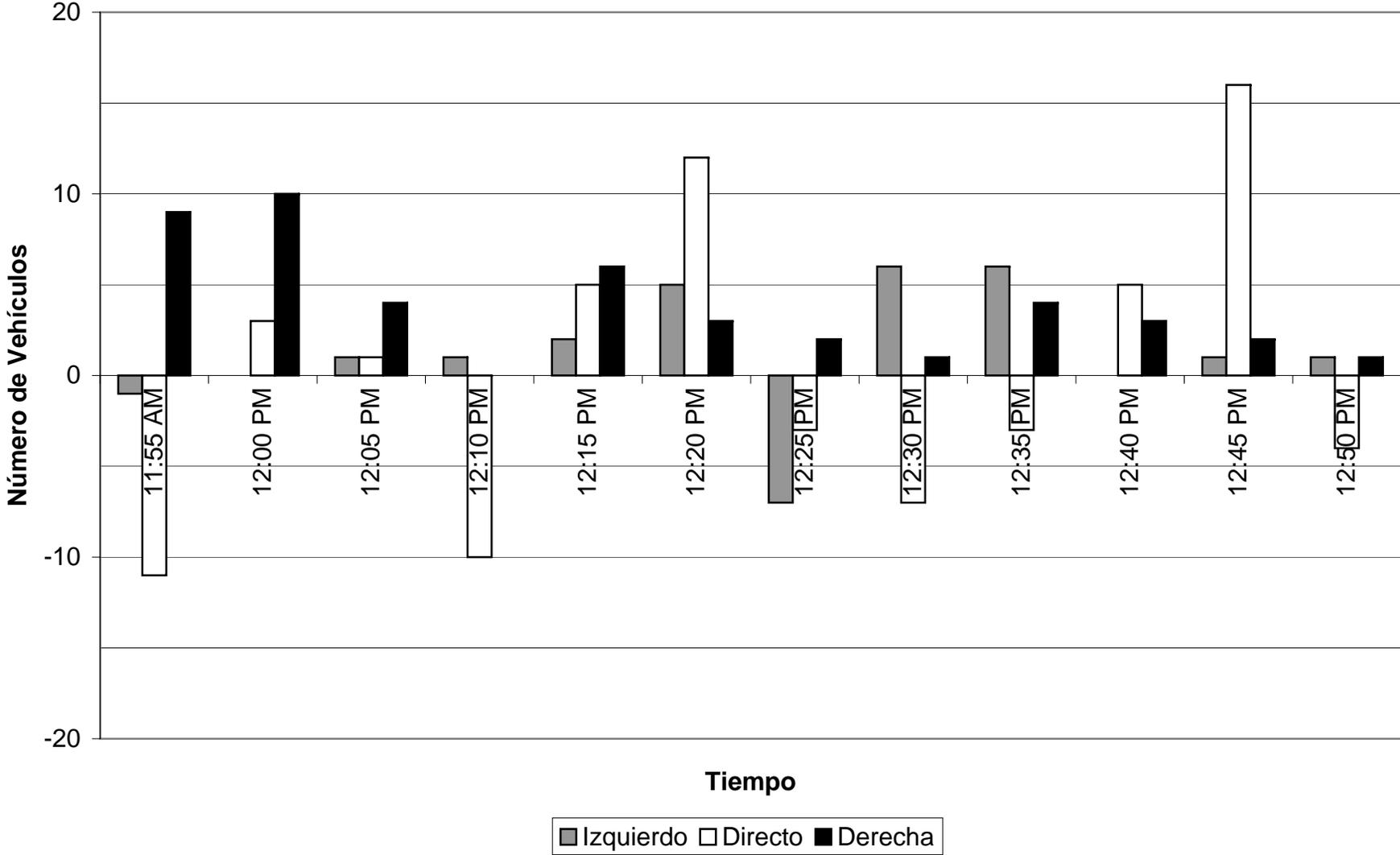
Intervalos	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
11:50-11:55 AM	6	7	223	234	18	9
11:55-12:00 PM	3	3	238	235	17	7
12:00-12:05 PM	5	4	201	200	9	5
12:05-12:10 PM	3	2	225	235	7	7
12:10-12:15 PM	9	7	247	242	19	13
12:15-12:20 PM	19	14	218	206	8	5
12:20-12:25 PM	2	9	230	233	8	6
12:25-12:30 PM	15	9	175	182	10	9
12:30-12:35 PM	14	8	218	221	11	7
12:35-12:40 PM	7	7	196	191	13	10
12:40-12:45 PM	7	6	223	207	5	3
12:45-12:50 PM	7	6	224	228	6	5
Total	97	82	2618	2614	131	86
% de Error	18.29		0.15		52.33	

Intervalos	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
11:50-11:55 AM	-1	-11	9	0	0	9	-1	-11	0
11:55-12:00 PM	0	3	10	0	3	10	0	0	0
12:00-12:05 PM	1	1	4	1	1	4	0	0	0
12:05-12:10 PM	1	-10	0	1	0	0	0	-10	0
12:10-12:15 PM	2	5	6	2	5	6	0	0	0
12:15-12:20 PM	5	12	3	5	12	3	0	0	0
12:20-12:25 PM	-7	-3	2	0	0	2	-7	-3	0
12:25-12:30 PM	6	-7	1	6	0	1	0	-7	0
12:30-12:35 PM	6	-3	4	6	0	4	0	-3	0
12:35-12:40 PM	0	5	3	0	5	3	0	0	0
12:40-12:45 PM	1	16	2	1	16	2	0	0	0
12:45-12:50 PM	1	-4	1	1	0	1	0	-4	0
Total	15	4	45	23	42	45	-8	-38	0
% de Error	18.29	0.15	52.33	28.05	1.61	52.33	9.76	1.45	0.00

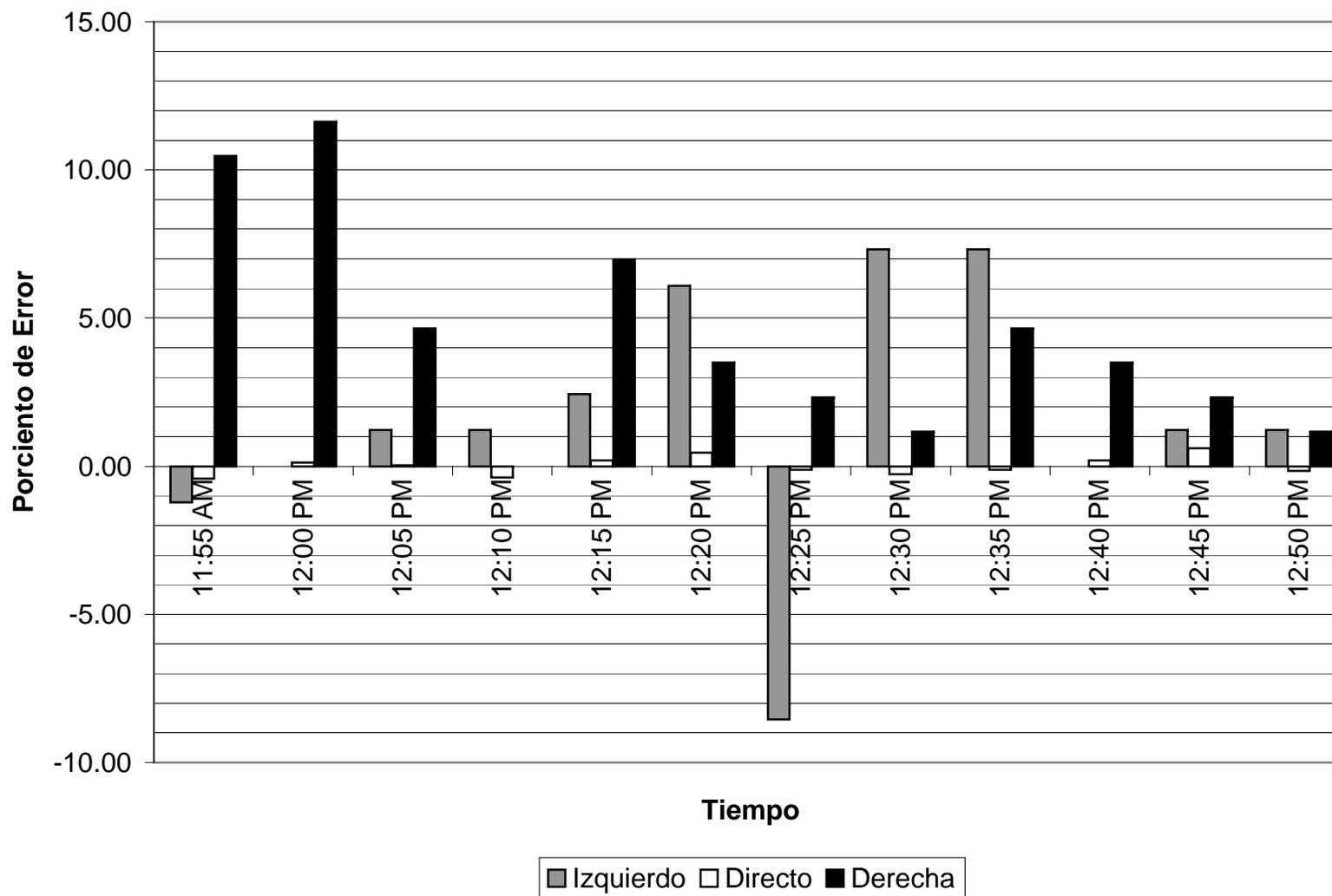
% de Error por Arco	2.30	Positivo	Negativo
% de Error por Acceso	2.30	3.95	1.65

Intervalos	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
11:50-11:55 AM	-1.22	-0.42	10.47	0.00	0.00	10.47	-1.22	-0.42	0.00
11:55-12:00 PM	0.00	0.11	11.63	0.00	0.11	11.63	0.00	0.00	0.00
12:00-12:05 PM	1.22	0.04	4.65	1.22	0.04	4.65	0.00	0.00	0.00
12:05-12:10 PM	1.22	-0.38	0.00	1.22	0.00	0.00	0.00	-0.38	0.00
12:10-12:15 PM	2.44	0.19	6.98	2.44	0.19	6.98	0.00	0.00	0.00
12:15-12:20 PM	6.10	0.46	3.49	6.10	0.46	3.49	0.00	0.00	0.00
12:20-12:25 PM	-8.54	-0.11	2.33	0.00	0.00	2.33	-8.54	-0.11	0.00
12:25-12:30 PM	7.32	-0.27	1.16	7.32	0.00	1.16	0.00	-0.27	0.00
12:30-12:35 PM	7.32	-0.11	4.65	7.32	0.00	4.65	0.00	-0.11	0.00
12:35-12:40 PM	0.00	0.19	3.49	0.00	0.19	3.49	0.00	0.00	0.00
12:40-12:45 PM	1.22	0.61	2.33	1.22	0.61	2.33	0.00	0.00	0.00
12:45-12:50 PM	1.22	-0.15	1.16	1.22	0.00	1.16	0.00	-0.15	0.00
% de Error	18.29	0.15	52.33	28.05	1.61	52.33	-9.76	-1.45	0.00

Errores de Zona Urbana II

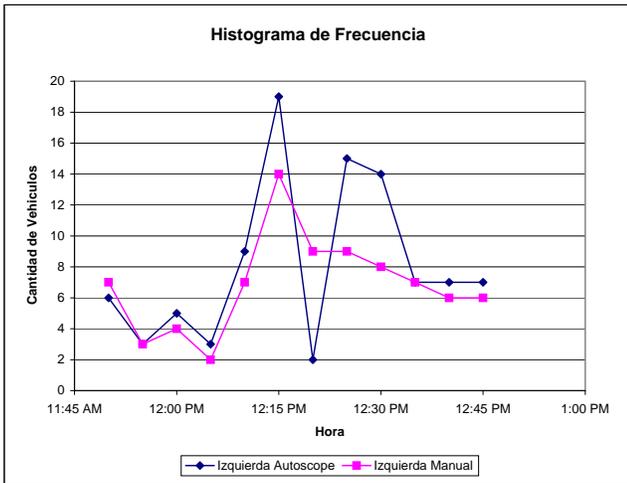


Por ciento de Errores de Zona Urbana II

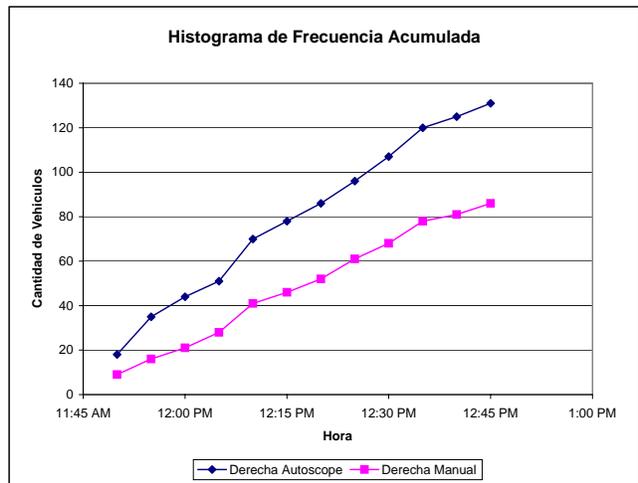
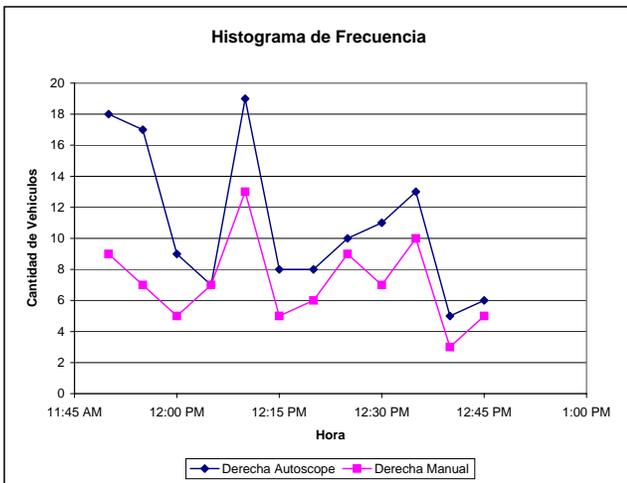
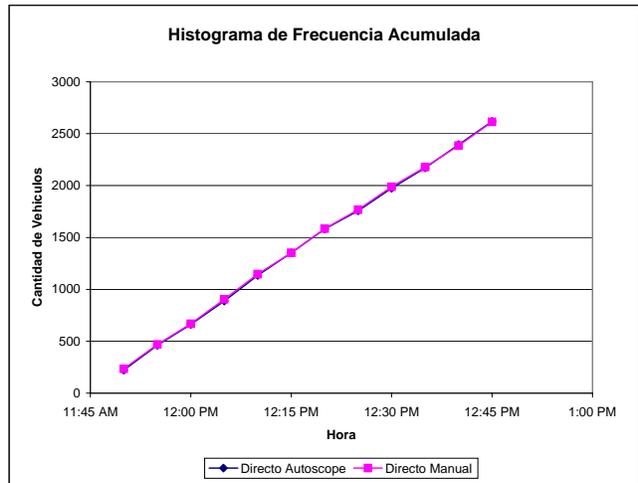
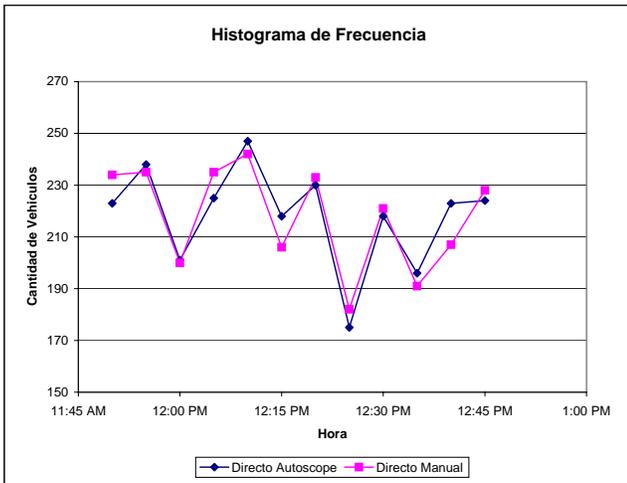
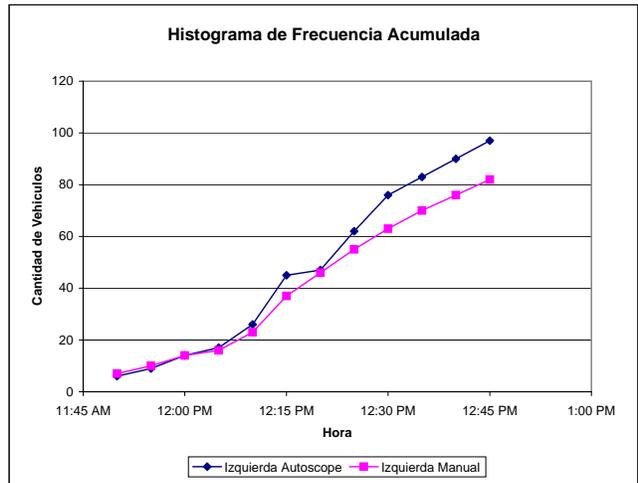


Prueba en Zona Urbana #2

Figuras A 13-15



Figuras A 16-18



Zona Rural

Intervalos	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
12:10-12:15 PM	2	2	71	77	4	3
12:15-12:20 PM	4	4	54	63	5	5
12:20-12:25 PM	2	1	66	75	0	0
12:25-12:30 PM	0	0	55	58	4	4
12:30-12:35 PM	7	7	80	90	2	2
12:35-12:40 PM	1	1	79	88	2	2
12:40-12:45 PM	4	4	75	79	1	1
12:45-12:50 PM	4	4	90	91	2	2
12:50-12:55 PM	0	1	69	76	4	3
12:55-1:00 PM	6	3	81	82	3	3
1:00-1:05 PM	1	1	78	85	4	4
1:05-1:10 PM	4	5	57	61	4	4
1:10-1:15 PM	4	3	36	39	2	0
1:15-1:20 PM	1	1	66	61	4	4
1:20-1:25 PM	3	3	70	72	2	2
1:25-1:30 PM	0	0	69	73	8	6
1:30-1:35 PM	5	4	52	55	3	3
1:35-1:40 PM	5	5	106	109	8	7
1:40-1:45 PM	3	3	115	121	8	7
1:45-1:50 PM	3	2	88	84	7	6
1:50-1:55 PM	3	3	72	84	1	1
1:55-2:00 PM	1	1	84	85	3	3
2:00-2:05 PM	2	2	68	69	1	1
Total	65	60	1681	1777	82	73
% de Error	8.33		5.4		12.33	

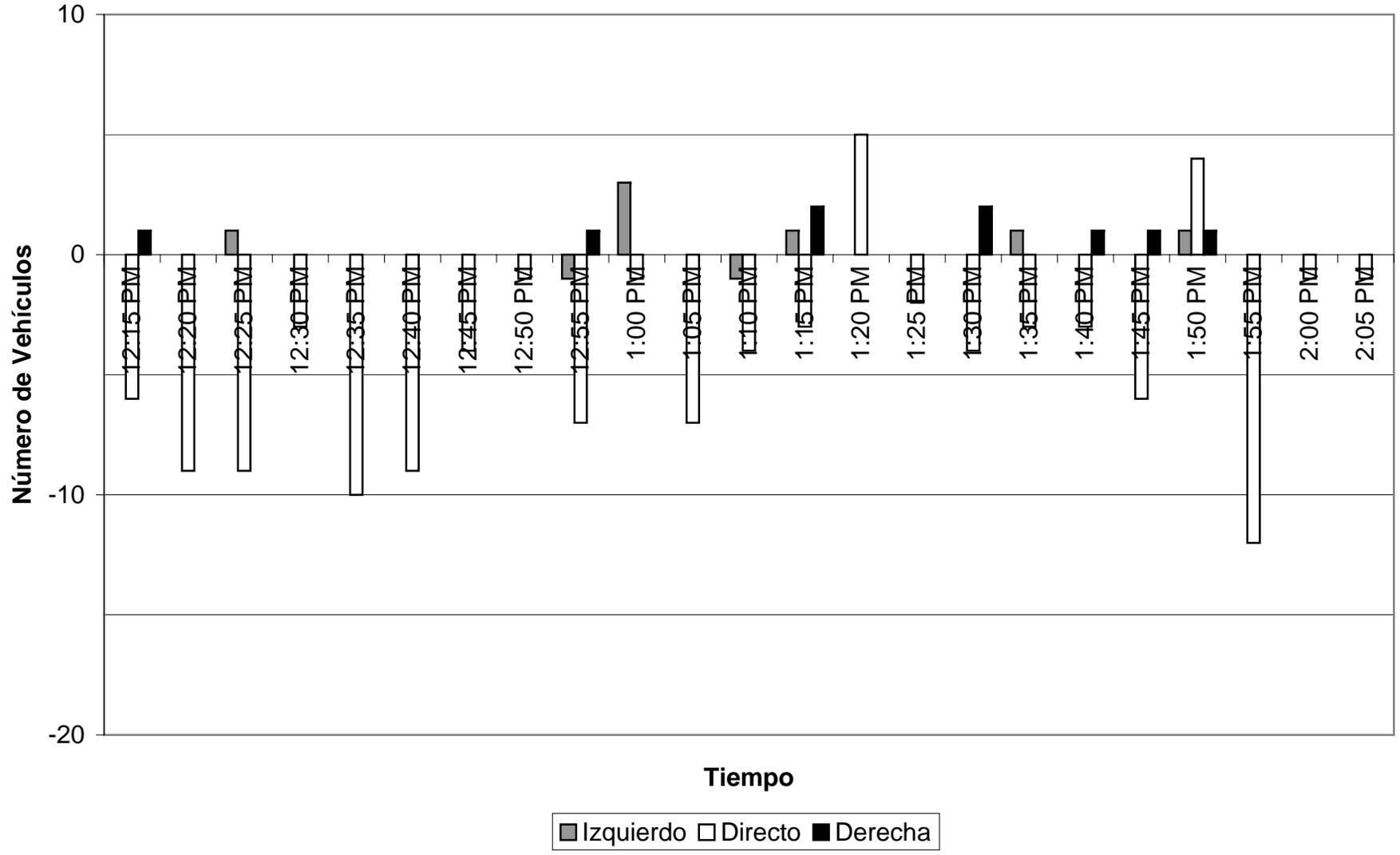
Intervalos	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
12:10-12:15 PM	0	-6	1	0	0	1	0	-6	0
12:15-12:20 PM	0	-9	0	0	0	0	0	-9	0
12:20-12:25 PM	1	-9	0	1	0	0	0	-9	0
12:25-12:30 PM	0	-3	0	0	0	0	0	-3	0
12:30-12:35 PM	0	-10	0	0	0	0	0	-10	0
12:35-12:40 PM	0	-9	0	0	0	0	0	-9	0
12:40-12:45 PM	0	-4	0	0	0	0	0	-4	0
12:45-12:50 PM	0	-1	0	0	0	0	0	-1	0
12:50-12:55 PM	-1	-7	1	0	0	1	-1	-7	0
12:55-1:00 PM	3	-1	0	3	0	0	0	-1	0
1:00-1:05 PM	0	-7	0	0	0	0	0	-7	0
1:05-1:10 PM	-1	-4	0	0	0	0	-1	-4	0
1:10-1:15 PM	1	-3	2	1	0	2	0	-3	0
1:15-1:20 PM	0	5	0	0	5	0	0	0	0
1:20-1:25 PM	0	-2	0	0	0	0	0	-2	0
1:25-1:30 PM	0	-4	2	0	0	2	0	-4	0
1:30-1:35 PM	1	-3	0	1	0	0	0	-3	0
1:35-1:40 PM	0	-3	1	0	0	1	0	-3	0
1:40-1:45 PM	0	-6	1	0	0	1	0	-6	0
1:45-1:50 PM	1	4	1	1	4	1	0	0	0
1:50-1:55 PM	0	-12	0	0	0	0	0	-12	0
1:55-2:00 PM	0	-1	0	0	0	0	0	-1	0
2:00-2:05 PM	0	-1	0	0	0	0	0	-1	0
Total	5	-96	9	7	9	9	-2	-105	0
% de Error	8.33	5.40	12.33	11.67	0.51	12.33	3.33	5.91	0.00

% de Error por Arco	-4.29	Positivo	Negativo
% de Error por Acceso	5.76	1.31	5.60

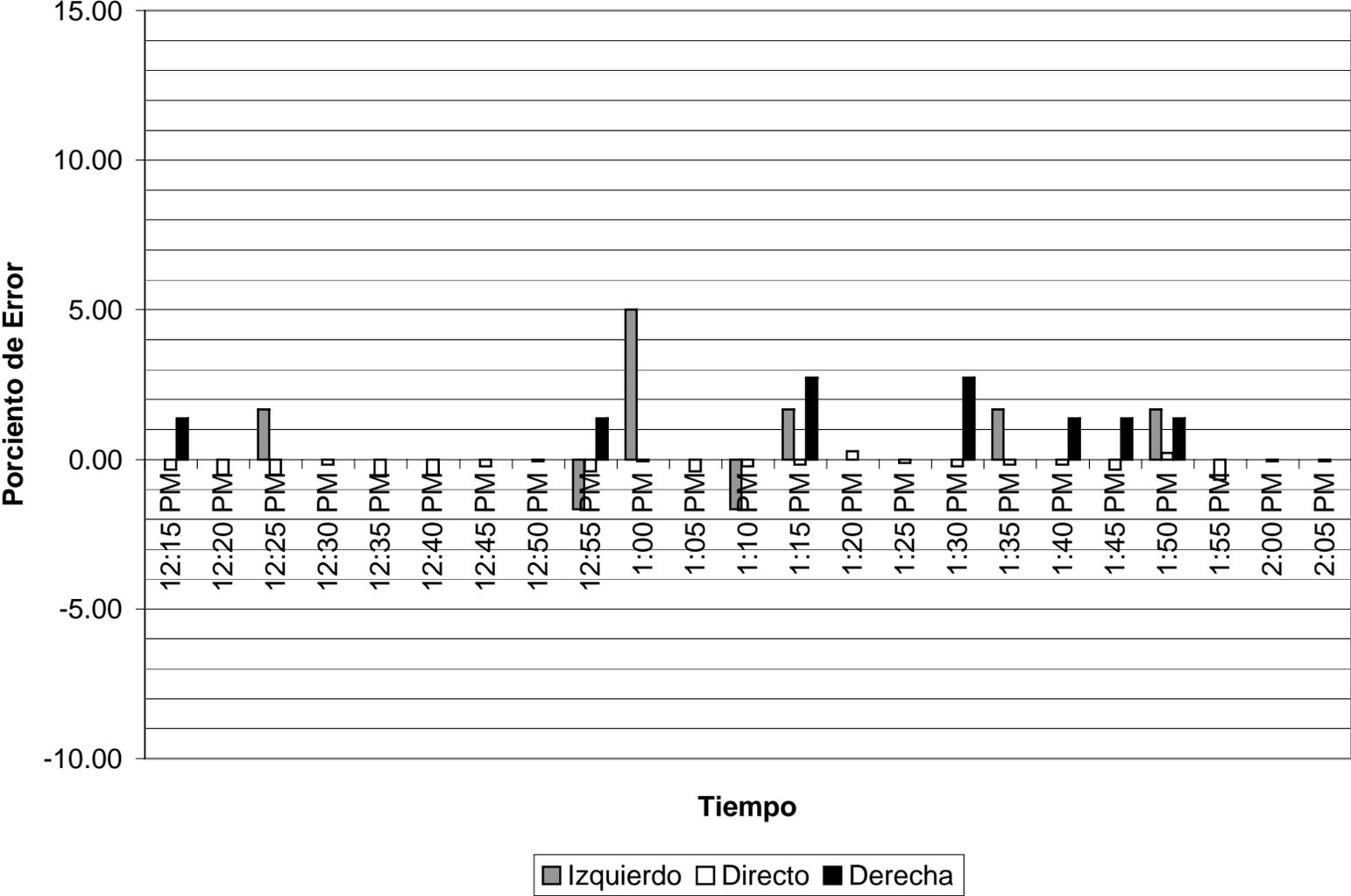
Zona Rural

Intervalos	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
12:10-12:15 PM	0.00	-0.34	1.37	0.00	0.00	1.37	0.00	-0.34	0.00
12:15-12:20 PM	0.00	-0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.51	0.00
12:20-12:25 PM	1.67	-0.51	0.00	1.67	0.00	0.00	0.00	-0.51	0.00
12:25-12:30 PM	0.00	-0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.17	0.00
12:30-12:35 PM	0.00	-0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.56	0.00
12:35-12:40 PM	0.00	-0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.51	0.00
12:40-12:45 PM	0.00	-0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.23	0.00
12:45-12:50 PM	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.00
12:50-12:55 PM	-1.67	-0.39	1.37	0.00	0.00	1.37	-1.67	-0.39	0.00
12:55-1:00 PM	5.00	-0.06	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.00
1:00-1:05 PM	0.00	-0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.39	0.00
1:05-1:10 PM	-1.67	-0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.67	-0.23	0.00
1:10-1:15 PM	1.67	-0.17	2.74	1.67	0.00	2.74	0.00	-0.17	0.00
1:15-1:20 PM	0.00	0.28	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
1:20-1:25 PM	0.00	-0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.11	0.00
1:25-1:30 PM	0.00	-0.23	2.74	0.00	0.00	2.74	0.00	-0.23	0.00
1:30-1:35 PM	1.67	-0.17	0.00	1.67	0.00	0.00	0.00	-0.17	0.00
1:35-1:40 PM	0.00	-0.17	1.37	0.00	0.00	1.37	0.00	-0.17	0.00
1:40-1:45 PM	0.00	-0.34	1.37	0.00	0.00	1.37	0.00	-0.34	0.00
1:45-1:50 PM	1.67	0.23	1.37	1.67	0.23	1.37	0.00	0.00	0.00
1:50-1:55 PM	0.00	-0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.68	0.00
1:55-2:00 PM	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.00
2:00-2:05 PM	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.00
% de Error	8.33	-5.40	12.33	11.67	0.51	12.33	-3.33	-5.91	0.00

Errores de Zona Rural

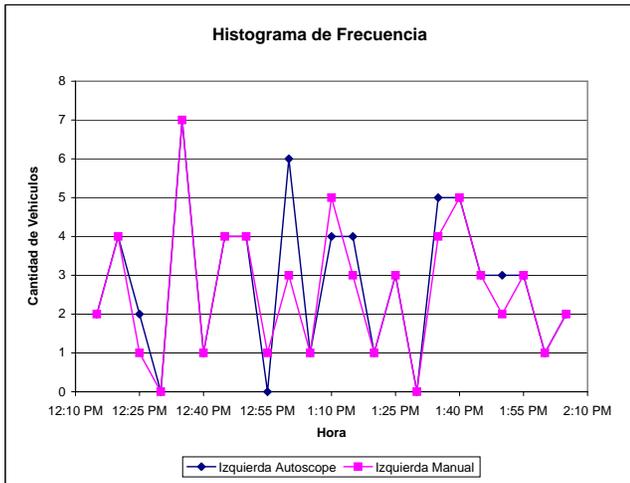


Porciento de Errores de Zona Rural

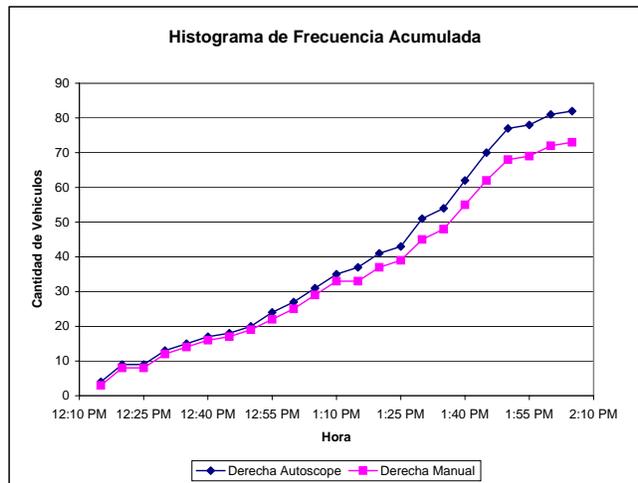
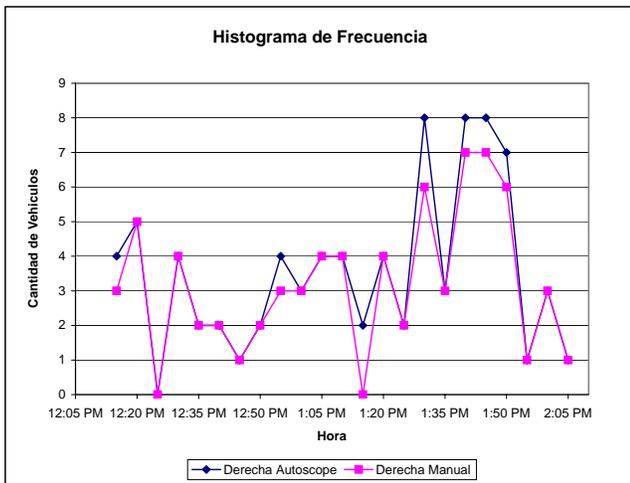
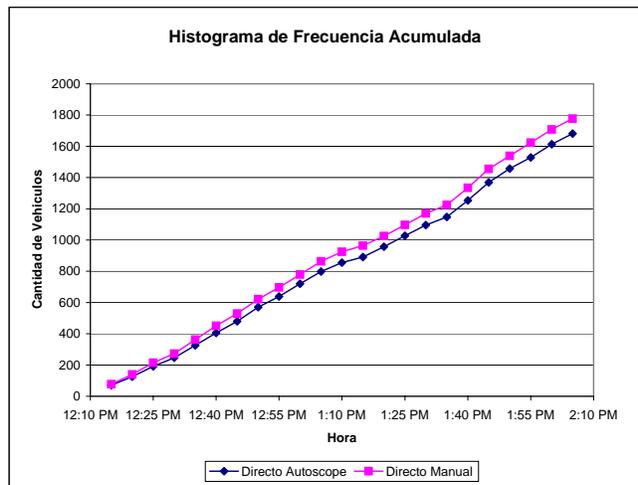
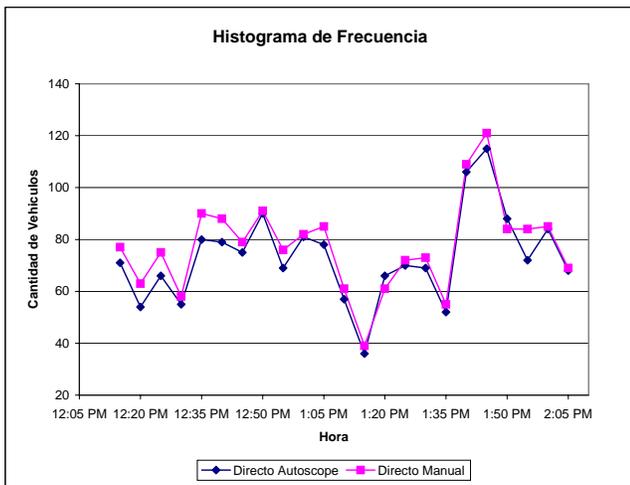
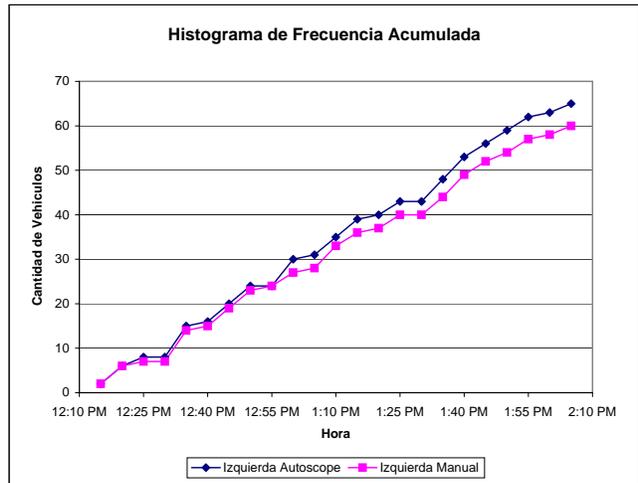


Prueba en Zona Rural

Figuras A 19-21



Figuras A 22-24



Zona Suburbana (in situ)

Intervalos	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
10:15-10:20 AM	8	7	35	35	17	16
10:20-10:25 AM	24	9	64	69	18	18
10:25-10:30 AM	13	12	83	68	10	10
10:30-10:35 AM	13	12	72	57	11	11
10:35-10:40 AM	22	20	83	64	9	9
10:40-10:45 AM	22	12	55	57	14	14
10:45-10:50 AM	18	15	83	63	11	10
10:50-10:55 AM	14	10	75	72	8	8
10:55-11:00 AM	14	8	87	107	10	10
11:00-11:05 AM	14	11	91	93	9	10
11:05-11:10 AM	16	12	100	66	14	13
11:10-11:15 AM	21	17	77	70	12	11
11:15-11:20 AM	19	15	73	65	10	9
11:20-11:25 AM	12	10	90	77	5	5
11:25-11:30 AM	26	18	58	58	14	14
11:30-11:35 AM	11	9	94	86	12	11
11:35-11:40 AM	14	12	80	80	14	14
11:40-11:45 AM	18	16	111	83	9	7
11:45-11:50 AM	18	18	86	85	10	10
11:50-11:55 AM	30	28	77	77	12	12
11:55-12:00 PM	16	17	59	51	7	7
12:00-12:05 PM	21	17	58	56	13	13
12:05-12:10 PM	15	14	74	74	9	9
12:10-12:15 PM	21	19	99	90	7	7
12:15-12:20 PM	20	17	72	72	14	14
12:20-12:25 PM	19	17	86	88	4	3
12:25-12:30 PM	18	17	103	72	12	10
12:30-12:35 PM	26	17	62	59	13	12
12:35-12:40 PM	15	15	90	52	10	10
12:40-12:45 PM	13	12	70	73	13	13
12:45-12:50 PM	14	13	70	69	10	10
12:50-12:55 PM	14	14	82	80	7	7
12:55-1:00 PM	20	12	73	69	9	9
1:00-1:05 PM	26	18	95	69	9	9
1:05-1:10 PM	22	17	66	60	16	16
1:10-1:15 PM	19	14	118	60	9	9
Total	646	521	2851	2526	391	380
% de Error	23.99		12.87		2.89	

Zona Suburbana (in situ)

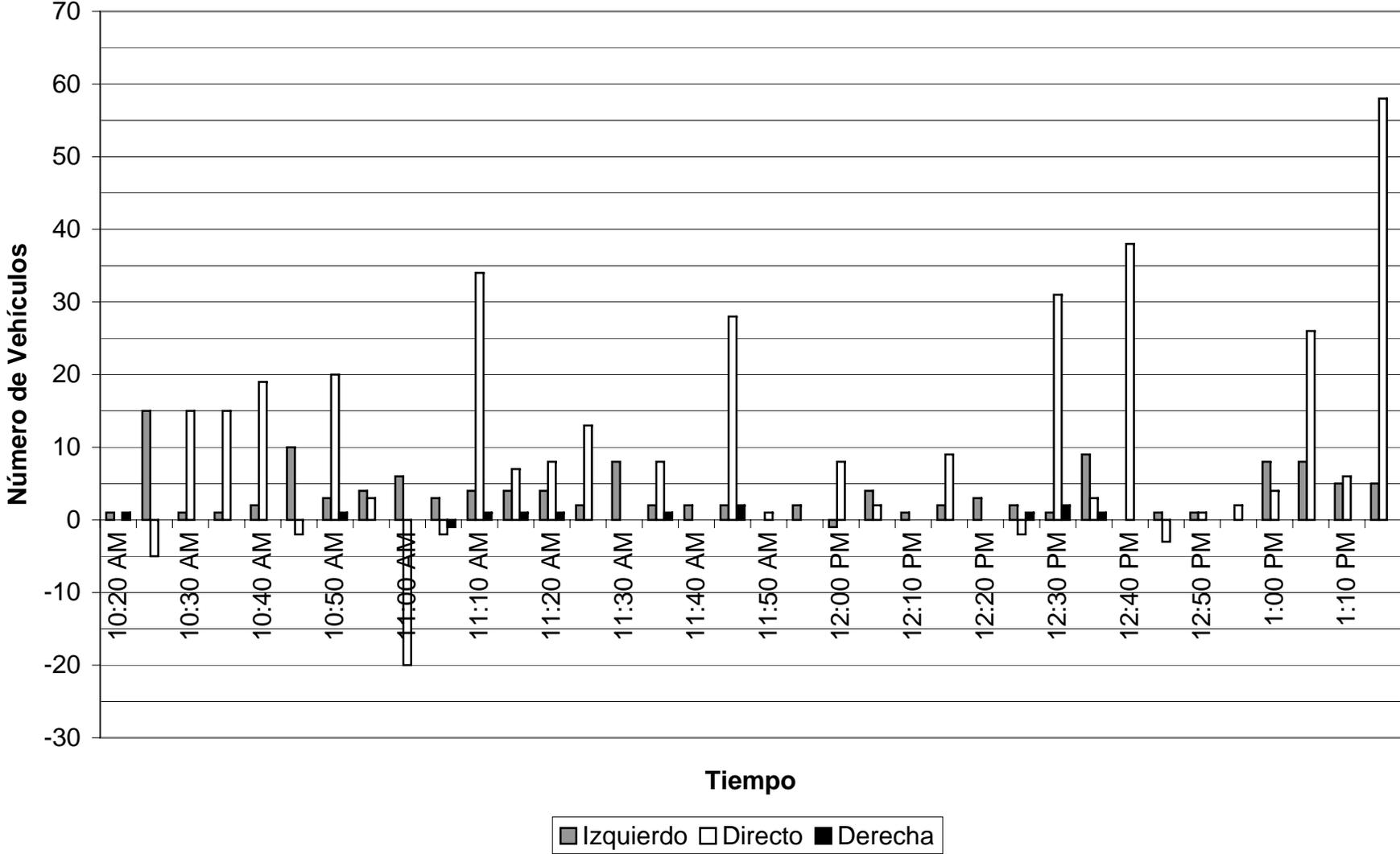
Intervalos	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
10:15-10:20 AM	1	0	1	1	0	1	0	0	0
10:20-10:25 AM	15	-5	0	15	0	0	0	-5	0
10:25-10:30 AM	1	15	0	1	15	0	0	0	0
10:30-10:35 AM	1	15	0	1	15	0	0	0	0
10:35-10:40 AM	2	19	0	2	19	0	0	0	0
10:40-10:45 AM	10	-2	0	10	0	0	0	-2	0
10:45-10:50 AM	3	20	1	3	20	1	0	0	0
10:50-10:55 AM	4	3	0	4	3	0	0	0	0
10:55-11:00 AM	6	-20	0	6	0	0	0	-20	0
11:00-11:05 AM	3	-2	-1	3	0	0	0	-2	-1
11:05-11:10 AM	4	34	1	4	34	1	0	0	0
11:10-11:15 AM	4	7	1	4	7	1	0	0	0
11:15-11:20 AM	4	8	1	4	8	1	0	0	0
11:20-11:25 AM	2	13	0	2	13	0	0	0	0
11:25-11:30 AM	8	0	0	8	0	0	0	0	0
11:30-11:35 AM	2	8	1	2	8	1	0	0	0
11:35-11:40 AM	2	0	0	2	0	0	0	0	0
11:40-11:45 AM	2	28	2	2	28	2	0	0	0
11:45-11:50 AM	0	1	0	0	1	0	0	0	0
11:50-11:55 AM	2	0	0	2	0	0	0	0	0
11:55-12:00 PM	-1	8	0	0	8	0	-1	0	0
12:00-12:05 PM	4	2	0	4	2	0	0	0	0
12:05-12:10 PM	1	0	0	1	0	0	0	0	0
12:10-12:15 PM	2	9	0	2	9	0	0	0	0
12:15-12:20 PM	3	0	0	3	0	0	0	0	0
12:20-12:25 PM	2	-2	1	2	0	1	0	-2	0
12:25-12:30 PM	1	31	2	1	31	2	0	0	0
12:30-12:35 PM	9	3	1	9	3	1	0	0	0
12:35-12:40 PM	0	38	0	0	38	0	0	0	0
12:40-12:45 PM	1	-3	0	1	0	0	0	-3	0
12:45-12:50 PM	1	1	0	1	1	0	0	0	0
12:50-12:55 PM	0	2	0	0	2	0	0	0	0
12:55-1:00 PM	8	4	0	8	4	0	0	0	0
1:00-1:05 PM	8	26	0	8	26	0	0	0	0
1:05-1:10 PM	5	6	0	5	6	0	0	0	0
1:10-1:15 PM	5	58	0	5	58	0	0	0	0
Total	125	325	11	126	359	12	-1	-34	-1
% de Error	23.99	12.87	2.89	24.18	14.21	3.16	0.19	1.35	0.26

% de Error por Arco	13.45	Positivo	Negativo
% de Error por Acceso	13.45	14.50	1.05

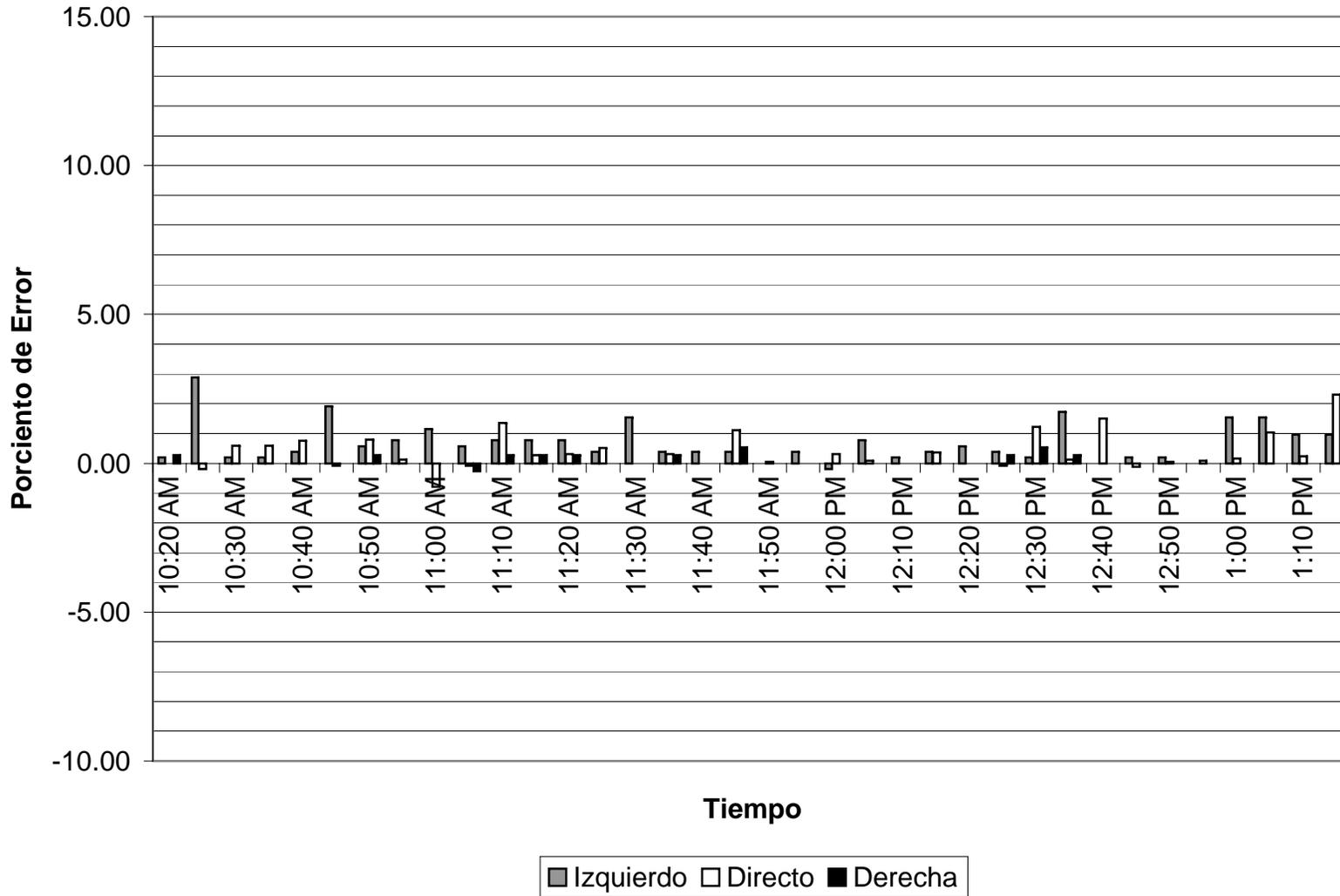
Zona Suburbana (in situ)

Intervalos	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
10:15-10:20 AM	0.19	0.00	0.26	0.19	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00
10:20-10:25 AM	2.88	-0.20	0.00	2.88	0.00	0.00	0.00	-0.20	0.00
10:25-10:30 AM	0.19	0.59	0.00	0.19	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
10:30-10:35 AM	0.19	0.59	0.00	0.19	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
10:35-10:40 AM	0.38	0.75	0.00	0.38	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
10:40-10:45 AM	1.92	-0.08	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	-0.08	0.00
10:45-10:50 AM	0.58	0.79	0.26	0.58	0.79	0.26	0.00	0.00	0.00
10:50-10:55 AM	0.77	0.12	0.00	0.77	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
10:55-11:00 AM	1.15	-0.79	0.00	1.15	0.00	0.00	0.00	-0.79	0.00
11:00-11:05 AM	0.58	-0.08	-0.26	0.58	0.00	0.00	0.00	-0.08	-0.26
11:05-11:10 AM	0.77	1.35	0.26	0.77	1.35	0.26	0.00	0.00	0.00
11:10-11:15 AM	0.77	0.28	0.26	0.77	0.28	0.26	0.00	0.00	0.00
11:15-11:20 AM	0.77	0.32	0.26	0.77	0.32	0.26	0.00	0.00	0.00
11:20-11:25 AM	0.38	0.51	0.00	0.38	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
11:25-11:30 AM	1.54	0.00	0.00	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11:30-11:35 AM	0.38	0.32	0.26	0.38	0.32	0.26	0.00	0.00	0.00
11:35-11:40 AM	0.38	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11:40-11:45 AM	0.38	1.11	0.53	0.38	1.11	0.53	0.00	0.00	0.00
11:45-11:50 AM	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
11:50-11:55 AM	0.38	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11:55-12:00 PM	-0.19	0.32	0.00	0.00	0.32	0.00	-0.19	0.00	0.00
12:00-12:05 PM	0.77	0.08	0.00	0.77	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
12:05-12:10 PM	0.19	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12:10-12:15 PM	0.38	0.36	0.00	0.38	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
12:15-12:20 PM	0.58	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12:20-12:25 PM	0.38	-0.08	0.26	0.38	0.00	0.26	0.00	-0.08	0.00
12:25-12:30 PM	0.19	1.23	0.53	0.19	1.23	0.53	0.00	0.00	0.00
12:30-12:35 PM	1.73	0.12	0.26	1.73	0.12	0.26	0.00	0.00	0.00
12:35-12:40 PM	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
12:40-12:45 PM	0.19	-0.12	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	-0.12	0.00
12:45-12:50 PM	0.19	0.04	0.00	0.19	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
12:50-12:55 PM	0.00	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
12:55-1:00 PM	1.54	0.16	0.00	1.54	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
1:00-1:05 PM	1.54	1.03	0.00	1.54	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00
1:05-1:10 PM	0.96	0.24	0.00	0.96	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00
1:10-1:15 PM	0.96	2.30	0.00	0.96	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00
% de Error	23.99	12.87	2.89	24.18	14.21	3.16	-0.19	-1.35	-0.26

Errores de Zona Suburbana (in situ)

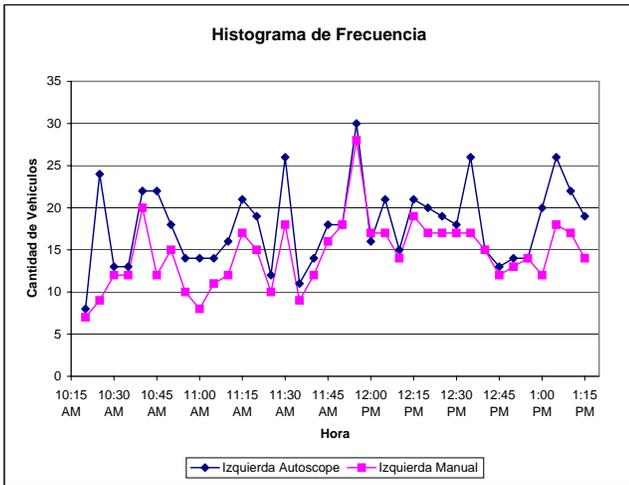


Porciento de Errores de Zona Suburbana (in situ)

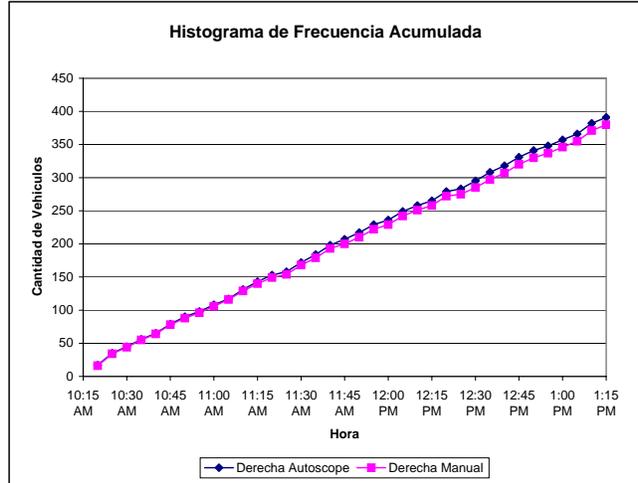
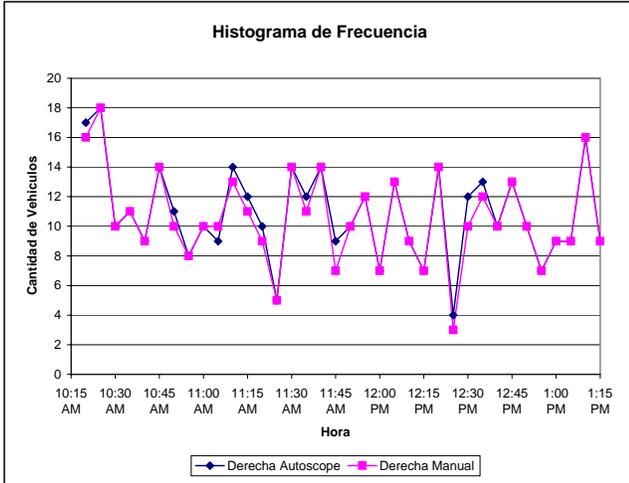
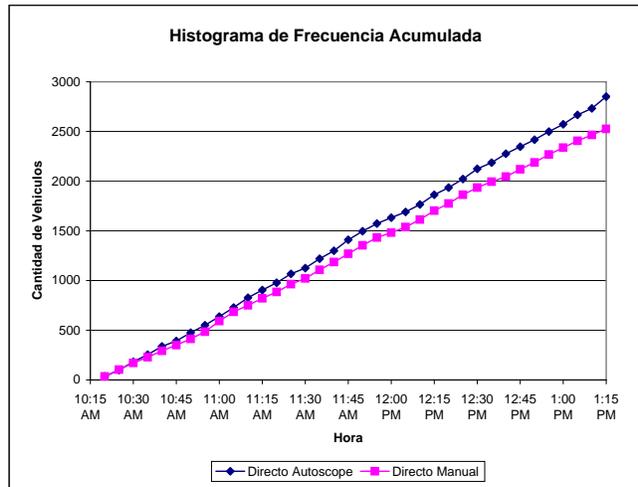
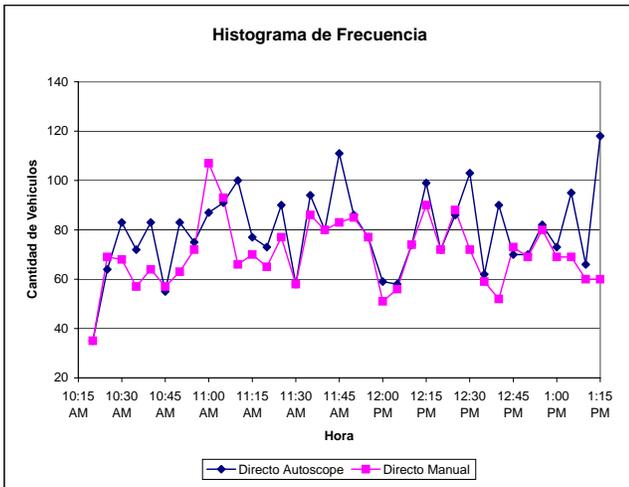
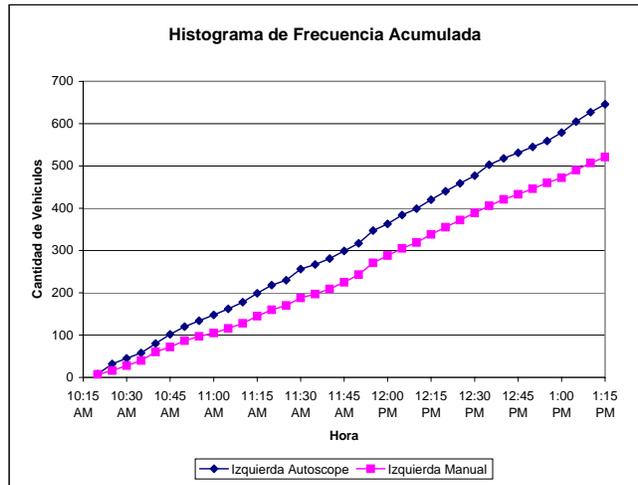


Prueba en Zona Semi-Urbana Campo

Figuras A 25-27



Figuras A 28-30



Zona Suburbana (Laboratorio)

Intervalo	Movimientos Vehiculares					
	Izquierda		Directo		Derecha	
	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual	Autoscope	Manual
10:20-10:25 AM	12	9	64	69	18	18
10:25-10:30 AM	11	12	68	68	10	10
10:30-10:35 AM	10	12	51	57	11	11
10:35-10:40 AM	23	20	64	64	9	9
10:40-10:45 AM	11	12	50	57	14	14
10:45-10:50 AM	18	15	56	63	11	10
10:50-10:55 AM	10	10	72	72	8	8
10:55-11:00 AM	8	8	80	107	10	10
11:00-11:05 AM	11	11	96	93	9	10
11:05-11:10 AM	11	12	56	66	14	13
11:10-11:15 AM	16	17	72	70	12	11
11:15-11:20 AM	13	15	59	65	10	9
11:20-11:25 AM	9	10	78	77	5	5
11:25-11:30 AM	13	18	60	58	14	14
11:30-11:35 AM	11	9	82	86	12	11
11:35-11:40 AM	13	12	76	80	14	14
11:40-11:45 AM	16	16	75	83	9	7
11:45-11:50 AM	18	18	80	85	10	10
11:50-11:55 AM	15	28	64	77	12	12
11:55-12:00 PM	15	17	57	51	7	7
12:00-12:05 PM	48	17	65	56	13	13
12:05-12:10 PM	21	14	87	74	9	9
12:10-12:15 PM	23	19	76	90	7	7
12:15-12:20 PM	20	17	70	72	14	14
12:20-12:25 PM	16	17	77	88	4	3
12:25-12:30 PM	15	17	52	72	12	10
12:30-12:35 PM	17	17	64	59	13	12
12:35-12:40 PM	8	15	57	52	10	10
12:40-12:45 PM	13	12	62	73	13	13
12:45-12:50 PM	14	13	66	69	10	10
12:50-12:55 PM	10	14	74	80	7	7
12:55-1:00 PM	13	12	58	69	9	9
1:00-1:05 PM	13	18	44	69	9	9
1:05-1:10 PM	29	17	122	60	16	16
1:10-1:15 PM	13	14	61	60	9	9
Total	537	514	2395	2491	374	364
% de Error	4.47		3.85		2.75	

Zona Suburbana (Laboratorio)

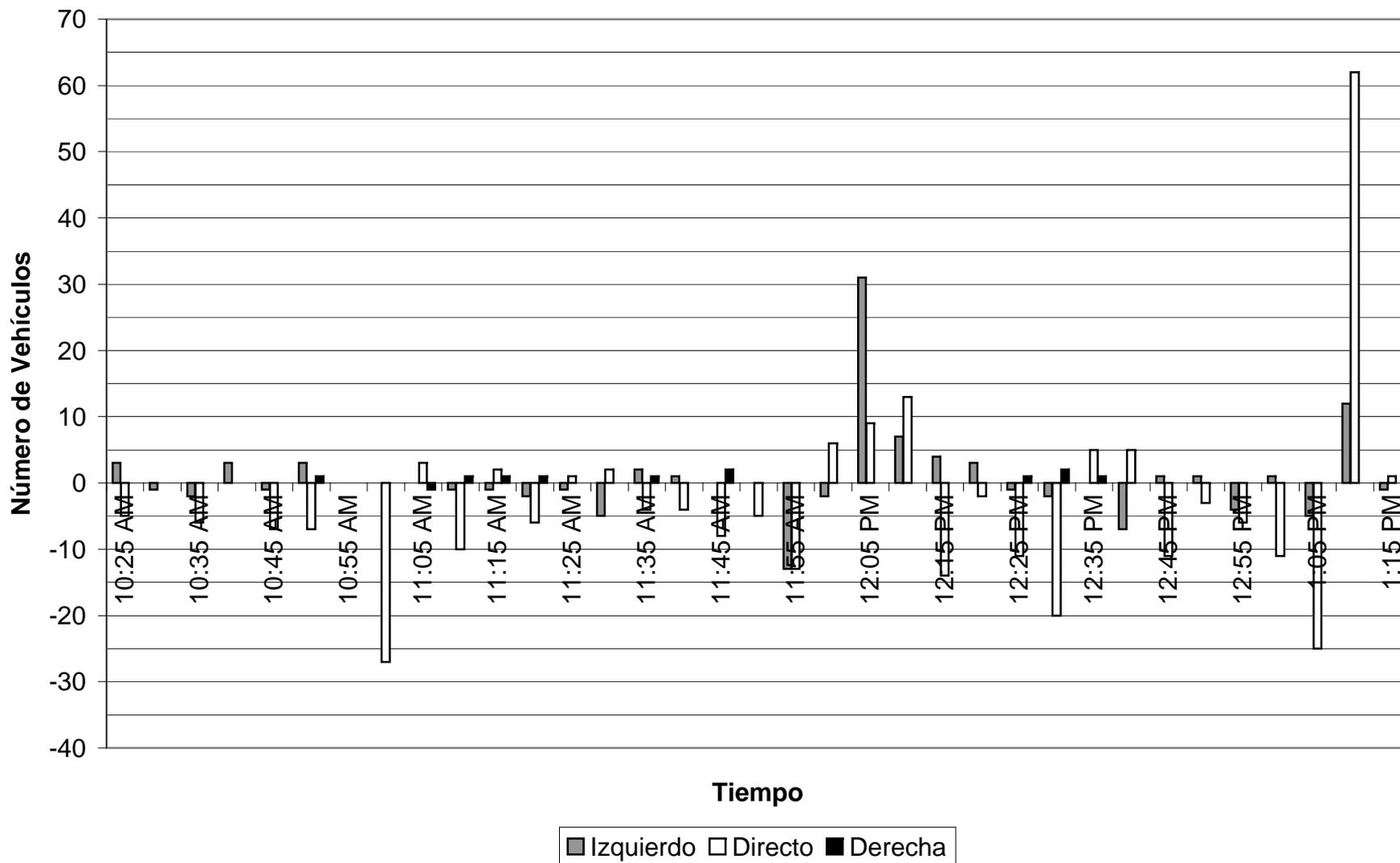
Intervalo	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
10:20-10:25 AM	3	-5	0	3	0	0	0	-5	0
10:25-10:30 AM	-1	0	0	0	0	0	-1	0	0
10:30-10:35 AM	-2	-6	0	0	0	0	-2	-6	0
10:35-10:40 AM	3	0	0	3	0	0	0	0	0
10:40-10:45 AM	-1	-7	0	0	0	0	-1	-7	0
10:45-10:50 AM	3	-7	1	3	0	1	0	-7	0
10:50-10:55 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:55-11:00 AM	0	-27	0	0	0	0	0	-27	0
11:00-11:05 AM	0	3	-1	0	3	0	0	0	-1
11:05-11:10 AM	-1	-10	1	0	0	1	-1	-10	0
11:10-11:15 AM	-1	2	1	0	2	1	-1	0	0
11:15-11:20 AM	-2	-6	1	0	0	1	-2	-6	0
11:20-11:25 AM	-1	1	0	0	1	0	-1	0	0
11:25-11:30 AM	-5	2	0	0	2	0	-5	0	0
11:30-11:35 AM	2	-4	1	2	0	1	0	-4	0
11:35-11:40 AM	1	-4	0	1	0	0	0	-4	0
11:40-11:45 AM	0	-8	2	0	0	2	0	-8	0
11:45-11:50 AM	0	-5	0	0	0	0	0	-5	0
11:50-11:55 AM	-13	-13	0	0	0	0	-13	-13	0
11:55-12:00 PM	-2	6	0	0	6	0	-2	0	0
12:00-12:05 PM	31	9	0	31	9	0	0	0	0
12:05-12:10 PM	7	13	0	7	13	0	0	0	0
12:10-12:15 PM	4	-14	0	4	0	0	0	-14	0
12:15-12:20 PM	3	-2	0	3	0	0	0	-2	0
12:20-12:25 PM	-1	-11	1	0	0	1	-1	-11	0
12:25-12:30 PM	-2	-20	2	0	0	2	-2	-20	0
12:30-12:35 PM	0	5	1	0	5	1	0	0	0
12:35-12:40 PM	-7	5	0	0	5	0	-7	0	0
12:40-12:45 PM	1	-11	0	1	0	0	0	-11	0
12:45-12:50 PM	1	-3	0	1	0	0	0	-3	0
12:50-12:55 PM	-4	-6	0	0	0	0	-4	-6	0
12:55-1:00 PM	1	-11	0	1	0	0	0	-11	0
1:00-1:05 PM	-5	-25	0	0	0	0	-5	-25	0
1:05-1:10 PM	12	62	0	12	62	0	0	0	0
1:10-1:15 PM	-1	1	0	0	1	0	-1	0	0
Total	23	-96	10	72	109	11	-49	-205	-1
% de Error	4.47	3.85	2.75	14.01	4.38	3.02	9.53	8.23	0.27

% de Error por Arco	-1.87	Positivo	Negativo
% de Error por Acceso	3.83	5.70	7.57

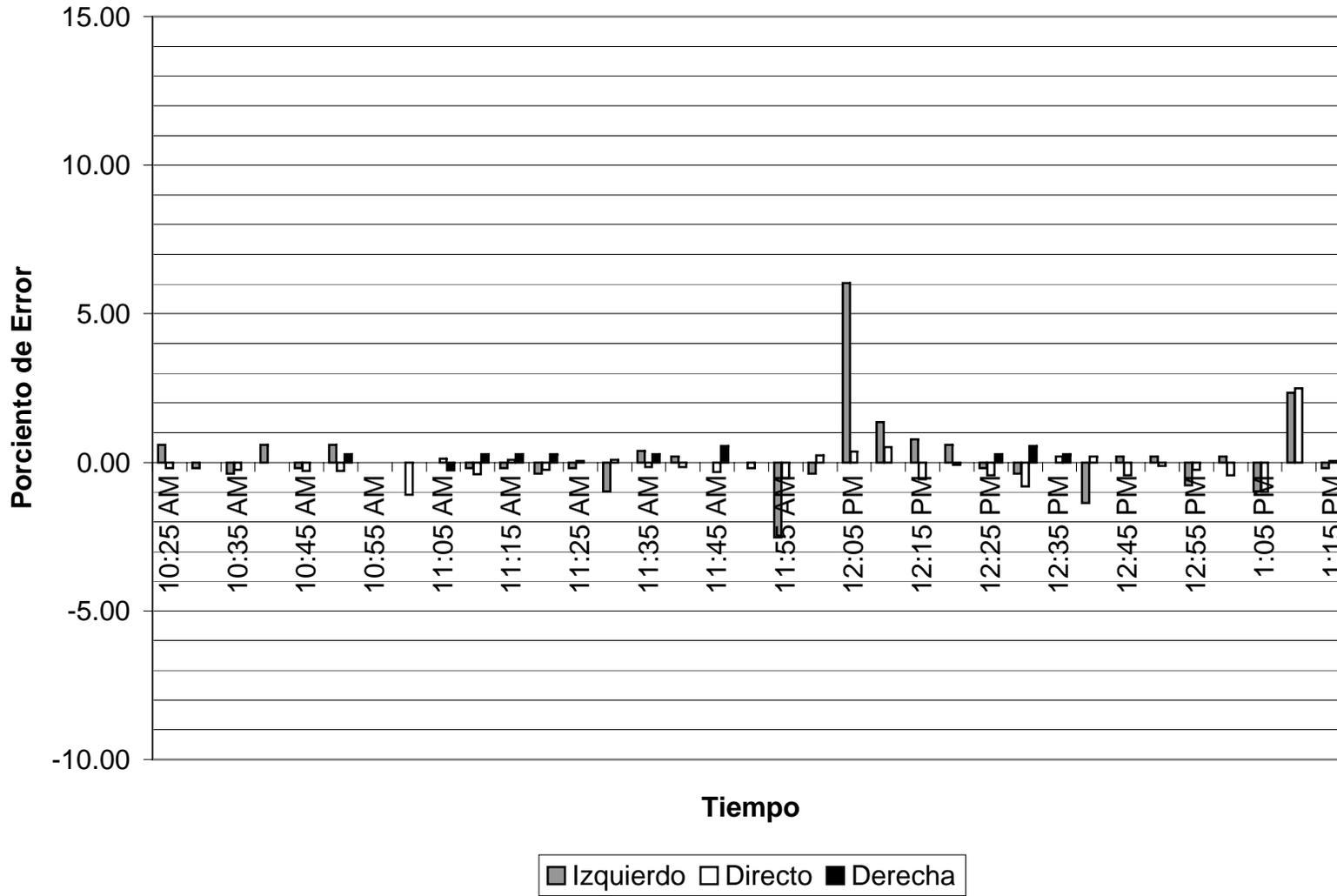
Zona Suburbana (Laboratorio)

Intervalo	Diferencia			Positivo			Negativo		
	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha	Izquierda	Directo	Derecha
10:20-10:25 AM	0.58	-0.20	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	-0.20	0.00
10:25-10:30 AM	-0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.19	0.00	0.00
10:30-10:35 AM	-0.39	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.39	-0.24	0.00
10:35-10:40 AM	0.58	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10:40-10:45 AM	-0.19	-0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.19	-0.28	0.00
10:45-10:50 AM	0.58	-0.28	0.27	0.58	0.00	0.27	0.00	-0.28	0.00
10:50-10:55 AM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10:55-11:00 AM	0.00	-1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.08	0.00
11:00-11:05 AM	0.00	0.12	-0.27	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	-0.27
11:05-11:10 AM	-0.19	-0.40	0.27	0.00	0.00	0.27	-0.19	-0.40	0.00
11:10-11:15 AM	-0.19	0.08	0.27	0.00	0.08	0.27	-0.19	0.00	0.00
11:15-11:20 AM	-0.39	-0.24	0.27	0.00	0.00	0.27	-0.39	-0.24	0.00
11:20-11:25 AM	-0.19	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	-0.19	0.00	0.00
11:25-11:30 AM	-0.97	0.08	0.00	0.00	0.08	0.00	-0.97	0.00	0.00
11:30-11:35 AM	0.39	-0.16	0.27	0.39	0.00	0.27	0.00	-0.16	0.00
11:35-11:40 AM	0.19	-0.16	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	-0.16	0.00
11:40-11:45 AM	0.00	-0.32	0.55	0.00	0.00	0.55	0.00	-0.32	0.00
11:45-11:50 AM	0.00	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.20	0.00
11:50-11:55 AM	-2.53	-0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.53	-0.52	0.00
11:55-12:00 PM	-0.39	0.24	0.00	0.00	0.24	0.00	-0.39	0.00	0.00
12:00-12:05 PM	6.03	0.36	0.00	6.03	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
12:05-12:10 PM	1.36	0.52	0.00	1.36	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00
12:10-12:15 PM	0.78	-0.56	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	-0.56	0.00
12:15-12:20 PM	0.58	-0.08	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	-0.08	0.00
12:20-12:25 PM	-0.19	-0.44	0.27	0.00	0.00	0.27	-0.19	-0.44	0.00
12:25-12:30 PM	-0.39	-0.80	0.55	0.00	0.00	0.55	-0.39	-0.80	0.00
12:30-12:35 PM	0.00	0.20	0.27	0.00	0.20	0.27	0.00	0.00	0.00
12:35-12:40 PM	-1.36	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	-1.36	0.00	0.00
12:40-12:45 PM	0.19	-0.44	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	-0.44	0.00
12:45-12:50 PM	0.19	-0.12	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	-0.12	0.00
12:50-12:55 PM	-0.78	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.78	-0.24	0.00
12:55-1:00 PM	0.19	-0.44	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	-0.44	0.00
1:00-1:05 PM	-0.97	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.97	-1.00	0.00
1:05-1:10 PM	2.33	2.49	0.00	2.33	2.49	0.00	0.00	0.00	0.00
1:10-1:15 PM	-0.19	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	-0.19	0.00	0.00
% de Error	4.47	-3.85	2.75	14.01	4.38	3.02	-9.53	-8.23	-0.27

Errores de Zona Suburbana (Laboratorio)

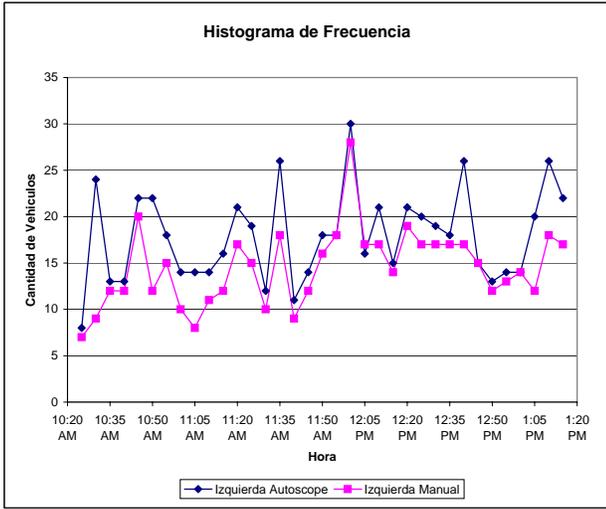


Porciento de Errores de Zona Suburbana (laboratorio)

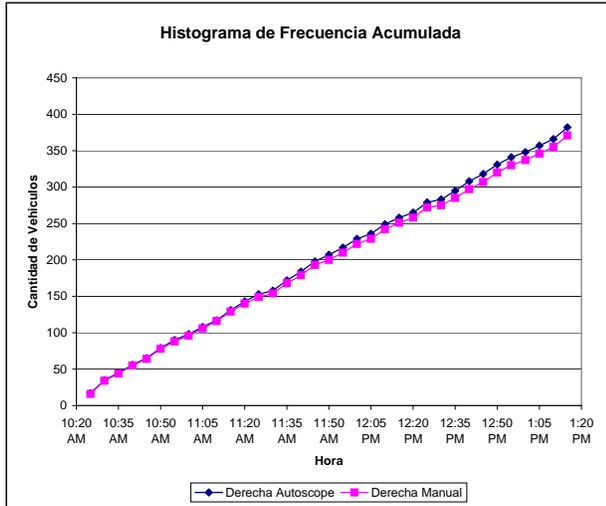
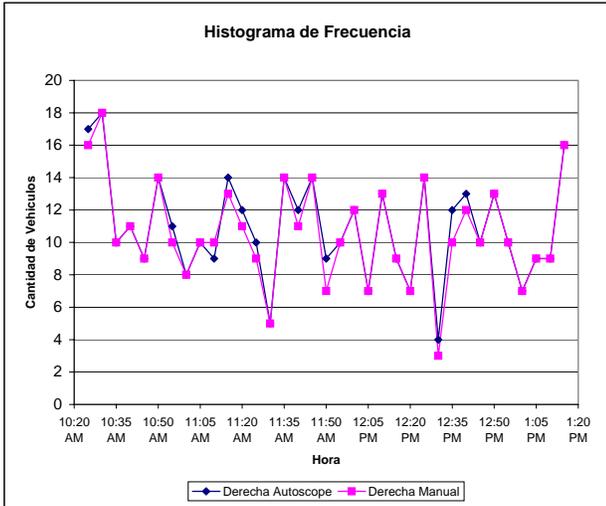
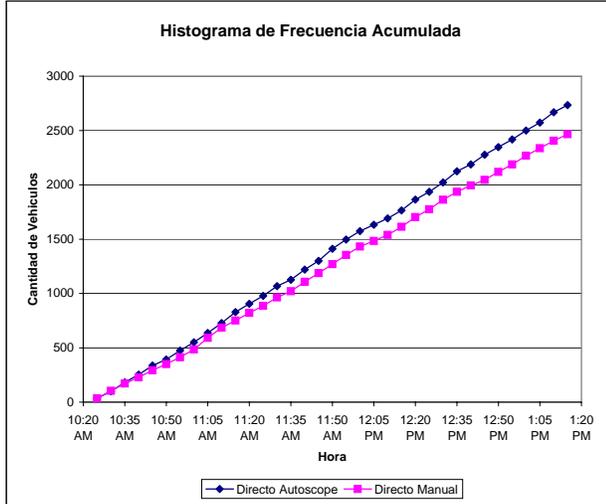
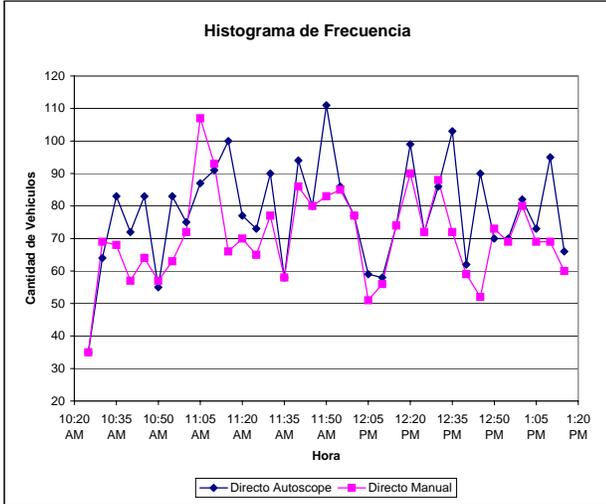
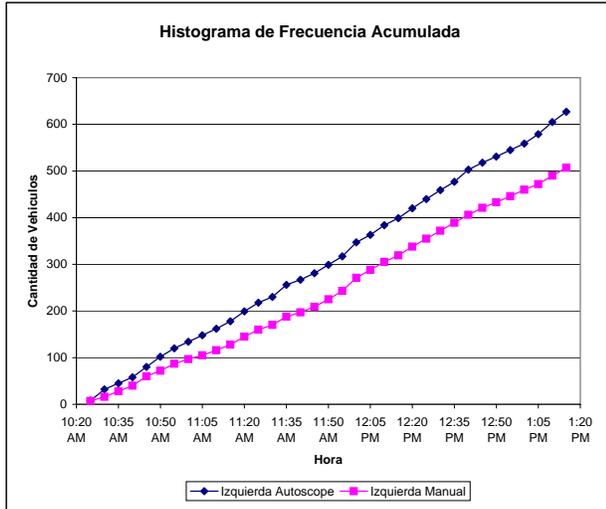


Prueba en Zona Semi-Urbana Laboratorio

Figuras A 31-33



Figuras A 34-36



Apéndice B. Imágenes tomadas con Autoscope



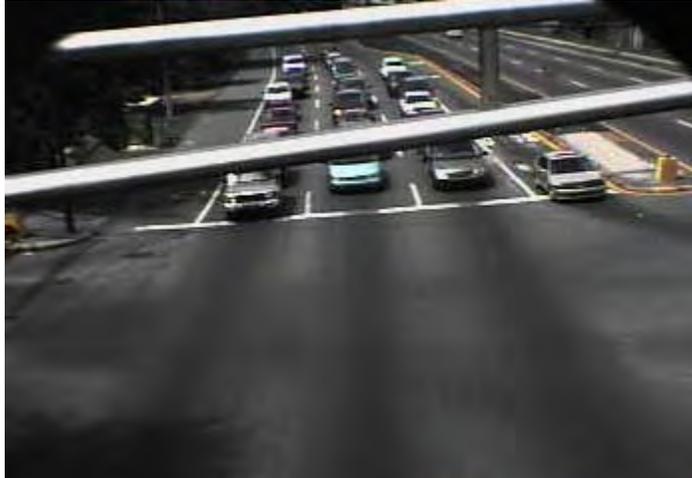
Imagén 1 Mendez Vigo, primer intento



Imagén 2 Mendez Vigo, segundo intento



Imagén 3 Mendez Vigo, Tercer intento



Imagén 4 PR-2 y Calle Carolina, primer intento



Imagén 5 PR-2 y Calle Carolina, segundo intento



Imagén 6 PR-100 con PR-3311



Imagén 7 PR-100 y PR-102



Imagén 8 PR-2 y PR-115

Apéndice C. Imágenes tomadas con Peek



Imagén 1 Hacia Aereopuerto (marginal Shell)



Imagén 2 Hacia Rullán



Imagén 3 PR-2 y Salida a Rullán



Imagén 4 PR-2 y Salida a PR-109



Imagén 5 PR-2 y salida a PR-109

Apéndice D. Ejemplo de Datos suministrados por Autoscope

113 - directo
 118 - right
 119 - left

Det ID; Date; Time; Average Flow Rate; Volume Count;

113; 2003, 07, 16; 10: 05: 00; 228; 38;
 118; 2003, 07, 16; 10: 05: 00; 12; 1;
 119; 2003, 07, 16; 10: 05: 00; 36; 3;
 113; 2003, 07, 16; 10: 10: 00; 330; 55;
 118; 2003, 07, 16; 10: 10: 00; 12; 1;
 119; 2003, 07, 16; 10: 10: 00; 12; 1;
 113; 2003, 07, 16; 10: 15: 00; 456; 76;
 118; 2003, 07, 16; 10: 15: 00; 36; 3;
 119; 2003, 07, 16; 10: 15: 00; 12; 1;
 113; 2003, 07, 16; 10: 20: 00; 372; 62;
 118; 2003, 07, 16; 10: 20: 00; 12; 1;
 119; 2003, 07, 16; 10: 20: 00; 48; 4;
 113; 2003, 07, 16; 10: 25: 00; 348; 58;
 118; 2003, 07, 16; 10: 25: 00; 12; 1;
 119; 2003, 07, 16; 10: 25: 00; 36; 3;
 113; 2003, 07, 16; 10: 30: 00; 348; 58;
 118; 2003, 07, 16; 10: 30: 00; 36; 3;
 119; 2003, 07, 16; 10: 30: 00; 24; 2;
 113; 2003, 07, 16; 10: 35: 00; 270; 45;
 118; 2003, 07, 16; 10: 35: 00; 60; 5;
 119; 2003, 07, 16; 10: 35: 00; 48; 4;
 113; 2003, 07, 16; 10: 40: 00; 288; 48;
 118; 2003, 07, 16; 10: 40: 00; 12; 1;
 119; 2003, 07, 16; 10: 40: 00; 48; 4;
 113; 2003, 07, 16; 10: 45: 00; 474; 79;
 118; 2003, 07, 16; 10: 45: 00; 36; 3;
 119; 2003, 07, 16; 10: 45: 00; 24; 2;
 113; 2003, 07, 16; 10: 50: 00; 342; 57;
 118; 2003, 07, 16; 10: 50: 00; 60; 5;
 119; 2003, 07, 16; 10: 50: 00; 48; 4;
 113; 2003, 07, 16; 10: 55: 00; 318; 53;
 118; 2003, 07, 16; 10: 55: 00; 12; 1;
 119; 2003, 07, 16; 10: 55: 00; 36; 3;
 113; 2003, 07, 16; 11: 00: 00; 324; 54;
 118; 2003, 07, 16; 11: 00: 00; 24; 2;
 119; 2003, 07, 16; 11: 00: 00; 84; 7;
 113; 2003, 07, 16; 11: 05: 00; 318; 53;
 118; 2003, 07, 16; 11: 05: 00; 36; 3;
 119; 2003, 07, 16; 11: 05: 00; 12; 1;
 113; 2003, 07, 16; 11: 10: 00; 414; 69;
 118; 2003, 07, 16; 11: 10: 00; 0; 0;
 119; 2003, 07, 16; 11: 10: 00; 36; 3;
 113; 2003, 07, 16; 11: 15: 00; 300; 50;
 118; 2003, 07, 16; 11: 15: 00; 24; 2;
 119; 2003, 07, 16; 11: 15: 00; 60; 5;
 113; 2003, 07, 16; 11: 20: 00; 372; 62;
 118; 2003, 07, 16; 11: 20: 00; 12; 1;
 119; 2003, 07, 16; 11: 20: 00; 24; 2;
 113; 2003, 07, 16; 11: 25: 00; 336; 56;
 118; 2003, 07, 16; 11: 25: 00; 12; 1;
 119; 2003, 07, 16; 11: 25: 00; 36; 3;
 113; 2003, 07, 16; 11: 30: 00; 318; 53;
 118; 2003, 07, 16; 11: 30: 00; 60; 5;
 119; 2003, 07, 16; 11: 30: 00; 36; 3;
 113; 2003, 07, 16; 11: 35: 00; 408; 68;
 118; 2003, 07, 16; 11: 35: 00; 24; 2;
 119; 2003, 07, 16; 11: 35: 00; 24; 2;
 113; 2003, 07, 16; 11: 40: 00; 348; 58;
 118; 2003, 07, 16; 11: 40: 00; 36; 3;

119; 2003, 07, 16; 11: 40: 00; 24; 2;
113; 2003, 07, 16; 11: 45: 00; 336; 56;
118; 2003, 07, 16; 11: 45: 00; 84; 7;
119; 2003, 07, 16; 11: 45: 00; 12; 1;
113; 2003, 07, 16; 11: 50: 00; 342; 57;
118; 2003, 07, 16; 11: 50: 00; 36; 3;
119; 2003, 07, 16; 11: 50: 00; 96; 8;
113; 2003, 07, 16; 11: 55: 00; 366; 61;
118; 2003, 07, 16; 11: 55: 00; 36; 3;
119; 2003, 07, 16; 11: 55: 00; 24; 2;
113; 2003, 07, 16; 12: 00: 00; 384; 64;
118; 2003, 07, 16; 12: 00: 00; 36; 3;
119; 2003, 07, 16; 12: 00: 00; 36; 3;
113; 2003, 07, 16; 12: 05: 00; 402; 67;
118; 2003, 07, 16; 12: 05: 00; 24; 2;
119; 2003, 07, 16; 12: 05: 00; 48; 4;
113; 2003, 07, 16; 12: 10: 00; 438; 73;
118; 2003, 07, 16; 12: 10: 00; 12; 1;
119; 2003, 07, 16; 12: 10: 00; 24; 2;
113; 2003, 07, 16; 12: 15: 00; 426; 71;
118; 2003, 07, 16; 12: 15: 00; 24; 2;
119; 2003, 07, 16; 12: 15: 00; 48; 4;
113; 2003, 07, 16; 12: 20: 00; 324; 54;
118; 2003, 07, 16; 12: 20: 00; 48; 4;
119; 2003, 07, 16; 12: 20: 00; 60; 5;
113; 2003, 07, 16; 12: 25: 00; 396; 66;
118; 2003, 07, 16; 12: 25: 00; 24; 2;
119; 2003, 07, 16; 12: 25: 00; 0; 0;
113; 2003, 07, 16; 12: 30: 00; 330; 55;
118; 2003, 07, 16; 12: 30: 00; 0; 0;
119; 2003, 07, 16; 12: 30: 00; 48; 4;
113; 2003, 07, 16; 12: 35: 00; 480; 80;
118; 2003, 07, 16; 12: 35: 00; 84; 7;
119; 2003, 07, 16; 12: 35: 00; 24; 2;
113; 2003, 07, 16; 12: 40: 00; 474; 79;
118; 2003, 07, 16; 12: 40: 00; 12; 1;
119; 2003, 07, 16; 12: 40: 00; 24; 2;
113; 2003, 07, 16; 12: 45: 00; 450; 75;
118; 2003, 07, 16; 12: 45: 00; 48; 4;
119; 2003, 07, 16; 12: 45: 00; 12; 1;
113; 2003, 07, 16; 12: 50: 00; 540; 90;
118; 2003, 07, 16; 12: 50: 00; 48; 4;
119; 2003, 07, 16; 12: 50: 00; 24; 2;
113; 2003, 07, 16; 12: 55: 00; 414; 69;
118; 2003, 07, 16; 12: 55: 00; 0; 0;
119; 2003, 07, 16; 12: 55: 00; 48; 4;
113; 2003, 07, 16; 13: 00: 00; 486; 81;
118; 2003, 07, 16; 13: 00: 00; 72; 6;
119; 2003, 07, 16; 13: 00: 00; 36; 3;
113; 2003, 07, 16; 13: 05: 00; 468; 78;
118; 2003, 07, 16; 13: 05: 00; 12; 1;
119; 2003, 07, 16; 13: 05: 00; 48; 4;
113; 2003, 07, 16; 13: 10: 00; 342; 57;
118; 2003, 07, 16; 13: 10: 00; 48; 4;
119; 2003, 07, 16; 13: 10: 00; 48; 4;
113; 2003, 07, 16; 13: 15: 00; 216; 36;
118; 2003, 07, 16; 13: 15: 00; 48; 4;
119; 2003, 07, 16; 13: 15: 00; 24; 2;
113; 2003, 07, 16; 13: 20: 00; 396; 66;
118; 2003, 07, 16; 13: 20: 00; 12; 1;
119; 2003, 07, 16; 13: 20: 00; 48; 4;
113; 2003, 07, 16; 13: 25: 00; 420; 70;
118; 2003, 07, 16; 13: 25: 00; 36; 3;

119; 2003, 07, 16; 13: 25: 00; 24; 2;
113; 2003, 07, 16; 13: 30: 00; 414; 69;
118; 2003, 07, 16; 13: 30: 00; 0; 0;
119; 2003, 07, 16; 13: 30: 00; 96; 8;
113; 2003, 07, 16; 13: 35: 00; 312; 52;
118; 2003, 07, 16; 13: 35: 00; 60; 5;
119; 2003, 07, 16; 13: 35: 00; 36; 3;
113; 2003, 07, 16; 13: 40: 00; 636; 106;
118; 2003, 07, 16; 13: 40: 00; 60; 5;
119; 2003, 07, 16; 13: 40: 00; 96; 8;
113; 2003, 07, 16; 13: 45: 00; 690; 115;
118; 2003, 07, 16; 13: 45: 00; 36; 3;
119; 2003, 07, 16; 13: 45: 00; 96; 8;
113; 2003, 07, 16; 13: 50: 00; 528; 88;
118; 2003, 07, 16; 13: 50: 00; 36; 3;
119; 2003, 07, 16; 13: 50: 00; 84; 7;
113; 2003, 07, 16; 13: 55: 00; 432; 72;
118; 2003, 07, 16; 13: 55: 00; 36; 3;
119; 2003, 07, 16; 13: 55: 00; 12; 1;
113; 2003, 07, 16; 14: 00: 00; 504; 84;
118; 2003, 07, 16; 14: 00: 00; 12; 1;
119; 2003, 07, 16; 14: 00: 00; 36; 3;
113; 2003, 07, 16; 14: 05: 00; 408; 68;
118; 2003, 07, 16; 14: 05: 00; 24; 2;
119; 2003, 07, 16; 14: 05: 00; 12; 1;
113; 2003, 07, 16; 14: 10: 00; 414; 69;
118; 2003, 07, 16; 14: 10: 00; 12; 1;
119; 2003, 07, 16; 14: 10: 00; 48; 4;