



Comparación entre conteos manuales y rastreo satelital

MATCH DATA

Comparación entre conteos manuales y rastreo satelital

Comparación entre conteos manuales y rastreo satelital.
Primera Edición, 2019.
©a|911
Paseo de las Palmas, 555, interior 105.
Colonia Lomas de Chapultepec
México, Ciudad de México, 11000

Idea original y compilación
©a|911
©Gerardo Gordillo Becerra

Investigación
©Gerardo Gordillo Becerra
©Sergio Martty Orozco Mejía

Textos
©Sergio Martty Orozco Mejía
©Gerardo Gordillo Becerra

Coordinación
©Iván Isaac Amador Maldonado
©Gerardo Gordillo Becerra

Diseño
©Harumi Tanimoto Yoshida

Coordinación editorial a|911
Harumi Tanimoto

La siguiente investigación fue elaborada en su totalidad por el equipo de movilidad de a|911.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida por ningún medio, ya sea digital, químico, óptico, de grabación o fotocopia, sin permiso escrito de los autores o en su defecto, de los propietarios de los derechos correspondientes.

Hecho en Ciudad de México, México.

arq911.com

Match Data se terminó de imprimir en marzo de 2019, en la Ciudad de México, con un tiraje de 10 ejemplares. Con la colaboración de los integrantes del equipo de movilidad conformado por Iván Amador, Gerardo Gordillo y Sergio Matty, diseñado por Harumi Tanimoto, empleando las familias tipográficas de Univers.

Contenido

Introducción.....	4
Problemática.....	5
Propósito y objetivos	5
Antecedentes	6
Generalidades.....	7
Método tradicional de levantamiento de aforo manual en el sitio	10
Método de rastreo satelital por dispositivos conectados	11
Metodología.....	12
Aforo por modo manual.....	13
Aforo por rastreo satelital	14
Comparación por polígono.....	15
Comparación por estaciones	15
Cálculos estadísticos	16
Resultados.....	18
Conclusiones y discusión	22
Anexos.....	24
Bibliografía	40

Introducción

La base para la mayoría de los estudios de tránsito es el levantamiento de información por medio de aforos vehiculares, esta herramienta es de gran importancia, ya que permite conocer el comportamiento de una determinada zona, es un proceso simple, que consiste en clasificar y contar vehículos, por medio de puntos de control -a los que en este documento llamaremos "Estaciones"-, los cuales proporcionarán indicadores de ocupación, así como las condiciones en que opera cada uno de los segmentos de la red vial.

Problemática

Detrás de la simplicidad anteriormente descrita, dicho proceso requiere ser planificado meticulosamente, convirtiéndose en una labor ardua, tediosa y costosa, en donde lo más importante es que el resultado que arroje el aforo, sea en la medida de lo posible lo más acercado al comportamiento del tránsito real, diferentes variables definen la veracidad o confianza de los datos finales, como lo son el tiempo otorgado para su realización desde la planeación hasta la captura de datos, la capacitación de los colaboradores, el capital destinado para costear dicho estudio, factores sociales (manifestaciones, días festivos, accidentes, etc...) y hasta las condiciones climatológicas, todo ello debe de considerarse para definir la lealtad de los datos.

Objetivos

Dada la problemática expuesta, el objetivo del análisis es buscar una alternativa que logre en el menor tiempo y uso de recursos, la mayor eficiencia para la obtención de aforos vehiculares. Comparando el *aforo manual en el sitio*, con la *tecnología de rastreo satelital por dispositivos conectados*, (metodología más reciente en materia de estudios de tránsito) dentro del mismo contexto para saber cuál de las dos aporta el máximo beneficio en tiempo, costos y veracidad, resolviendo las especificidades que requiere cada herramienta de levantamiento de información.

Antecedentes

El aforo vehicular se realiza en aras de obtener indicadores de desempeño de una vialidad o conjunto de ellas, para conocer su condición actual e incluso definir tendencias para planear medidas que logren mejorar el nivel de servicio que demandan los usuarios.

Aunque actualmente existe una gran variedad de metodologías y herramientas para realizar un aforo, como lo son el método manual, el lazo inductivo, los tubos neumáticos, cámaras, sensores láser y detector ultrasónico e infrarrojo, por decir solo algunos, todos tienen cierto sesgo de confiabilidad.

Su importancia radica en que los resultados obtenidos dictan parámetros que son usados para diseñar nuevos tramos, así como para definir características geométricas y estructurales, además, ayuda a identificar y priorizar necesidades como rutas alternas, mantenimiento y reconstrucción.

Para algunos casos no es suficiente con solo conocer la cantidad de automóviles que pasan por los puntos de control, en ocasiones también se requiere identificar la tipología de cada uno, ya que cada vehículo presenta y demanda necesidades distintas, esta clasificación será tan específica como el estudio lo requiera.

Por otro lado, es crucial definir las estaciones con cautela, conociendo la zona de estudio completa y un poco más de la red vial a la que pertenece, ya que los sentidos de las calles y los movimientos direccionales que cada automóvil realiza puede producir conteos múltiples, sesgando la información.

Generalidades

La Hora de Máxima Demanda (HMD), es el número máximo de vehículos que transitan durante 60 minutos consecutivos, esta medida de volumen es empleada para planificar, proyectar y diseñar detalles de las vías respecto a su posible deficiencia en su capacidad más alta de acuerdo con el nivel de servicio que se le asigne.

Debido a que la base por aforo manual tiene cortes cada 15 minutos y la base por rastreo satelital ofrece volúmenes sin un horario definido, se identificó la HMD mediante aforo manual para establecer estos valores como el comparable con los datos otorgados en la base por rastreo satelital.

Dado que la zona de estudio es un polígono y la forma de medición se realizó a través de **tres estaciones (E1, E2, E3)**, la HMD se determinó considerando la mayor cantidad de vehículos entre la suma de los volúmenes de cada estación de aforo en los diferentes grupos horarios (matutino y vespertino).

Figura 1 Hora de Máxima Demanda para el período matutino de aforo manual

HORA	E1	E2	E3	TOTAL
06:00 - 07:00	1,542	1,974	5,412	8,928
06:15 - 07:15	2,162	2,509	5,504	10,175
06:30 - 07:30	2,686	2,942	5,395	11,023
06:45 - 07:45	3,070	3,309	5,162	11,541
07:00 - 08:00	3,200	3,441	4,882	11,523
07:15 - 08:15	3,254	3,625	4,788	11,667
07:30 - 08:30	3,330	3,781	4,859	11,970
07:45 - 08:45	3,306	4,008	5,175	12,489
08:00 - 09:00	3,386	4,311	5,561	13,258
08:15 - 09:15	3,468	4,446	5,880	13,794
08:30 - 09:30	3,434	4,537	6,049	14,020
08:45 - 09:45	3,486	4,431	6,091	14,008
09:00 - 10:00	3,534	4,320	6,060	13,914
09:15 - 10:00	3,597	3,466	5,975	13,038
09:30 - 10:00	3,764	2,786	5,953	12,503
09:45 - 10:00	3,846	2,712	5,653	12,211

Figura 2 Hora de Máxima Demanda para el período vespertino de aforo manual

HORA	E1	E2	E3	TOTAL
17:00 - 18:00	3,923	3,769	5,615	13,307
17:15 - 18:15	3,946	3,789	5,498	13,233
17:30 - 18:30	3,980	3,410	5,381	12,771
17:45 - 18:45	3,906	3,268	5,410	12,584
18:00 - 19:00	3,934	3,376	5,321	12,631
18:15 - 19:15	4,125	3,478	5,297	12,900
18:30 - 19:30	4,177	3,209	5,362	12,748
18:45 - 19:45	4,290	3,378	5,403	13,071
19:00 - 20:00	4,242	3,173	5,288	12,703
19:15 - 20:15	4,121	3,338	4,749	12,208
19:30 - 20:30	3,941	3,018	4,046	11,005
19:45 - 20:45	3,794	3,030	3,372	10,196
20:00 - 21:00	3,614	3,302	2,750	9,666
20:15 - 21:00	2,701	2,993	3,186	8,880
20:30 - 21:00	2,061	3,220	3,815	9,096
20:45 - 21:00	1,533	2,409	4,578	8,520

Siendo de 8:30 a 9:30 la HMD para el período matutino y de 17:00 a 18:00 la HMD para el período vespertino a continuación se desglosa el volumen de cada movimiento en ambos períodos.

Figura 3 Desglose de volúmenes en movimientos de HMD para los períodos matutino y vespertino en aforo manual por estación

Movimiento	Vehículos de 8:30 a 9:30 por estación				Vehículos de 17:00 a 18:00 por estación			
	E1	E2	E3	TOTAL	E1	E2	E3	TOTAL
A-A	-	-	99	99	-	-	47	47
A-B	4	42	121	167	16	64	156	236
A-C	561	796	-	1,357	423	698	-	1,121
A-C-S	-	549	-	549	-	371	-	371
A-D	307	142	560	1,009	429	87	505	1,021
B1-A	-	-	21	21	-	-	19	19
B2-A	-	-	1,582	1,582	-	-	1,274	1,274
B-A	7	28	-	35	8	60	-	68
B-C	3	6	-	9	7	22	-	29
B-D	6	18	2,226	2,250	15	14	1,410	1,439
C-A	813	701	-	1,514	1,035	980	-	2,015
C-A-S	-	606	-	606	-	414	-	414
C-B	3	30	-	33	7	38	-	45
C-D	552	951	-	1,503	638	351	-	989
D-A	231	23	-	254	436	11	-	447
D-B	5	0	1,438	1,443	7	1	2,204	2,212
D-C	942	19	-	961	902	15	-	917
D-C-S	-	625	-	625	-	406	-	406
TOTAL	3,434	4,536	6,047	14,017	3,923	3,532	5,615	13,070

Método tradicional de levantamiento de aforo manual en el sitio

Este método es el más básico de los que existe y es quizás el más confiable al tener personal capacitado que sepa la importancia del levantamiento, desafortunadamente en la mayoría de las ocasiones se simplifica dicha labor y se contrata a personas que, si bien son capacitadas, no saben de la sensibilidad que tendrán los datos para el producto final.

Estos aforos levantados manualmente a cargo de personas son particularmente útiles para conocer los volúmenes por carriles individuales y su composición vehicular, el período de conteo debe de ser establecido fuera de eventos especiales, salvo que esa sea la intención específica del levantamiento, existen diversos períodos de levantamiento, como lo es: Conteo de fin de semana, 24 horas, 7 días, 3 días (martes, miércoles y jueves), 16 horas, 12 horas y períodos pico.

Para la presente investigación se realizó el levantamiento de información de 8 horas del día, en 2 periodos: 4 horas matutinas (6 a 10 hrs) y 4 vespertinas (17 a 21 hrs), segmentadas a cada 15 minutos.

Método de rastreo satelital por dispositivos conectados

Esta metodología es de las más nuevas dentro del campo de levantamiento de información de tránsito, consiste compilar información al rastrear cientos de miles de dispositivos conectados (vehículos con sistema de seguridad por rastreo satelital), en los que se identifican patrones de movilidad, como lo es la velocidad, saturación o congestión de vialidades, preferencias de ruta, etc.... donde esos grandes volúmenes de información, son almacenados, procesados y se modelan estadísticamente con la finalidad de crear tendencias que estimen la realidad histórica de la red vial.

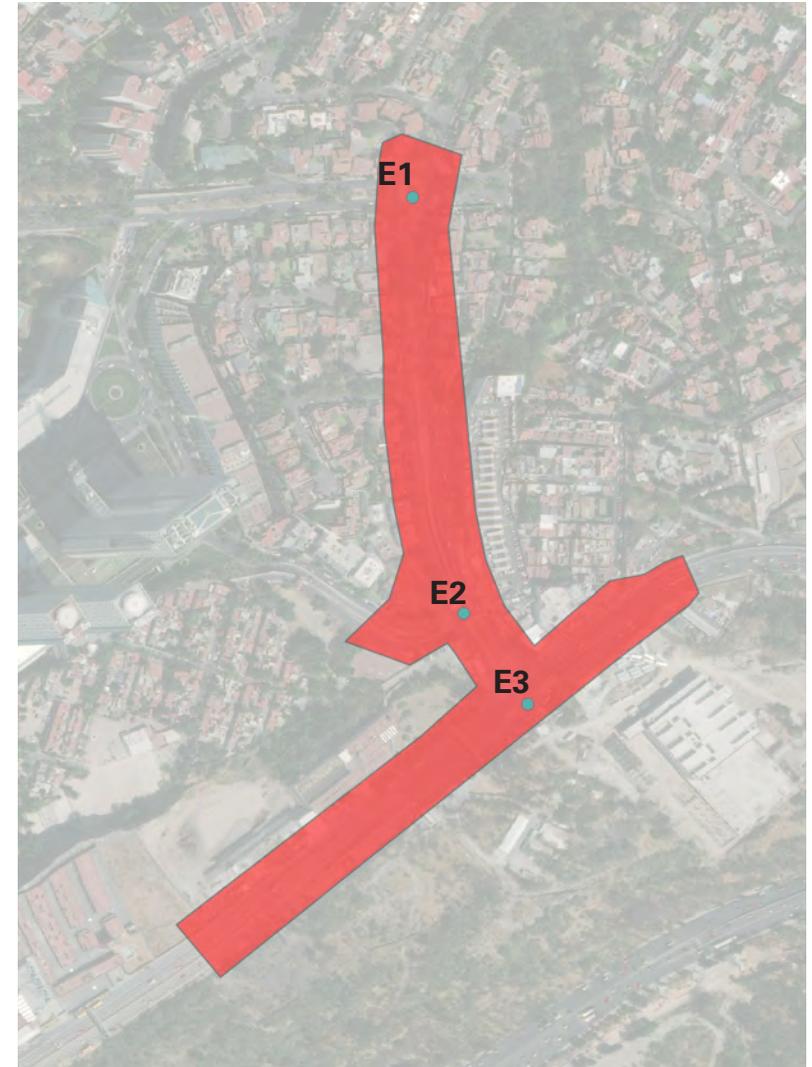
Las empresas que implementan esta metodología crean algoritmos que analizan, depuran y generan mediciones de las variables capturadas, así como las características de la vialidad (límites de velocidad, número de carriles, etc..) y con ello calculan volúmenes totales y velocidades promedio para cualquier hora o día.

La generación de todos los insumos de información, además de los generados por GPS, son recabados de levantamientos históricos y reportes mensuales, colaborando con empresas privadas del ramo y gobiernos locales donde temas como accidentalidad, clima, calidad del aire, incidentes, rutas de transporte, estacionamiento y peaje, entre otros, son analizados para crear resultados integrales de movilidad.

Metodología

Se determinó un polígono dentro de la ciudad en el que se generen viajes en su mayoría realizados en automóvil con motivos diversos, como viajes desde y/o hacia oficina, comercio y usos habitacionales. La zona de estudio está ubicada en la carretera México – Toluca y calle Paseos de las Lilas, colindando al desarrollo Torre Arcos Bosques II (torre del pantalón) en la colonia Bosques de las lomas de la delegación Cuajimalpa de Morelos, CDMX, en el cual se recolectó la información bajo las dos metodologías mencionadas anteriormente para después comparar los resultados.

Figura 4 Zona de estudio



Al tener dos bases de datos con formas diferentes de procesar y capturar la información, el esfuerzo radicó en empear los movimientos correspondientes, proceso que en algunas ocasiones tuvo que realizarse de forma manual.

Aforo por medio manual

Se establecieron tres estaciones de control para registrar todos los movimientos posibles en ellas, con cortes cada 15 minutos en dos períodos: de 6:00 AM a 10:00 AM y de 5:00 PM a 9:00 PM; obteniendo 1,218 registros en total.

Al tener cuatro horas de registros para el período matutino y cuatro para el vespertino, lo siguiente es definir la Hora de Máxima Demanda respecto a los cortes de cada 15 minutos, esta HMD será el producto de sumar los cuatro cortes seguidos, con mayor volumen vehicular de todo el levantamiento.

Aforo por rastreo satelital

La empresa que desarrolló esta metodología, proporcionó una base de datos en la cual se determinó que en cada extremo del polígono donde pasará una vialidad se le atribuirían dos identificadores; el primero funge como el origen de la trayectoria dentro del polígono y otro para los vehículos que hayan finalizado su trayecto dentro del polígono saliendo por ese punto (Destino).

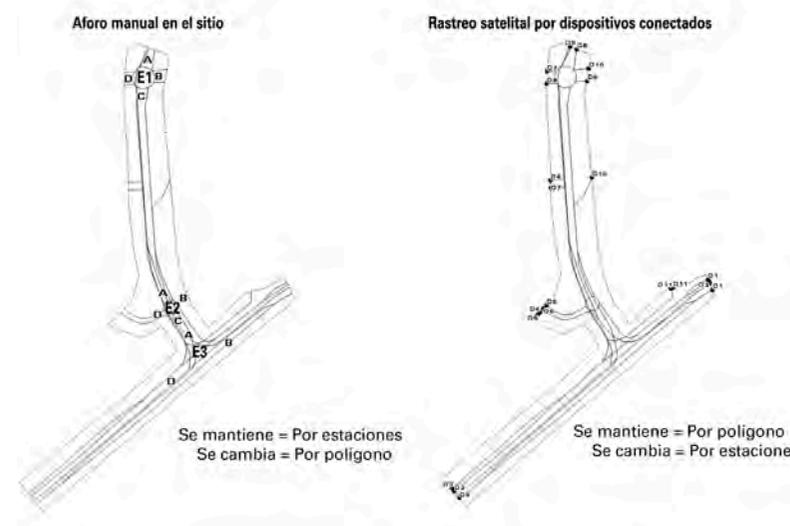
En conjunto con los identificadores, se anexa una columna que representa el volumen de viajes identificado para cada registro adicionando la proporción representativa al "número de viajes en la muestra".

Es importante mencionar, que la base de datos fue presentada de forma desagregada en nueve partes:

- Pares O-D, con su número de viajes en la muestra
- Solo Orígenes
- Solo Destinos
- Pares O-D Mañana, con su número de viajes en la muestra
- Pares O-D Tarde, con su número de viajes en la muestra
- Orígenes M
- Destinos M
- Orígenes T
- Destino T

Esta base de datos no contiene información sobre cortes específicos de las horas del día, fecha o días de la semana representativos al levantamiento, y el "Número de viajes en la muestra" de la mañana y de la tarde, al sumar representan menos del 50% del otorgado en la primera hoja (Pares O-D).

Figura 5 Esquema de identificadores de levantamiento de ambas metodologías



Homogeneización de los movimientos

Al implementar la HMD para los períodos matutino y vespertino en el aforo manual, se establecieron los datos de los pares origen-destino en tales períodos, así como la HMD con la metodología satelital.

Posteriormente, el proceso de homogeneización consistió en correlacionar los movimientos de cada punto de control con los correspondientes a cada Origen - Destino y viceversa. Dando como resultado dos comparativas:

Comparación por polígono

Esta consiste en mantener los pares origen-destino como identificadores y los movimientos de las tres estaciones "convertirlos" a los identificadores anteriormente descritos, es decir, la forma de levantamiento satelital se mantiene, y la de aforo manual se cambia. Cabe destacar que, para este caso, los trayectos en los que se transitaba por más de una estación eran sumados para tener el total de la ruta.

Este proceso de comparación se realizó con mayor detenimiento y fue el que más tiempo tomó, debido a que en la mayoría de las ocasiones se efectuó de forma manual-visual, reconstruyendo los recorridos para poder saber cuál sería el identificador que se correlaciona con el otro.

Comparación por estaciones

Comparativa actúa de forma inversa a la anterior, ya que los identificadores por movimientos de los tres puntos de control son ahora los que se mantienen, y quienes son "convertidos" en estos, son los pares origen y destino del rastreo satelital.

Cálculos estadísticos

Una vez que los resultados de ambos aforos lograron ser homogeneizados, se procedió a comparar ambos resultados para calcular la variación y determinar cuáles son las falencias de cada metodología. Para valuar la variación, se contempló un estudio estadístico para que pueda ser replicable y comprobable, y que a la par, indique como tratar los resultados producto de esta operación.

Inicialmente se debe considerar un valor que neutralice el error accidental, en el caso de esta investigación solamente se obtuvieron dos resultados los cuales fueron comparados, este será el "valor real" (que más se acerca al valor exacto) a la media aritmética simple de los resultados.

Error absoluto

Es la imprecisión que acompaña a las medidas, es decir, la diferencia entre el valor de una medición y otro valor de referencia, los valores pueden ser positivos o negativos según sea el caso en el que la medida sea superior o inferior a la de referencia.

Este tipo de error muestra una idea de la sensibilidad de las medidas ante resultados dispersos, y ofrece un acercamiento al grado de aproximación e indicio de calidad de la medida, dicha calidad debe estar íntimamente acompañada del error relativo para complementarse.

$$\text{Error absoluto} = V - \bar{X}$$

Donde:
 V = Valor de la medición
 \bar{X} = el valor de referencia

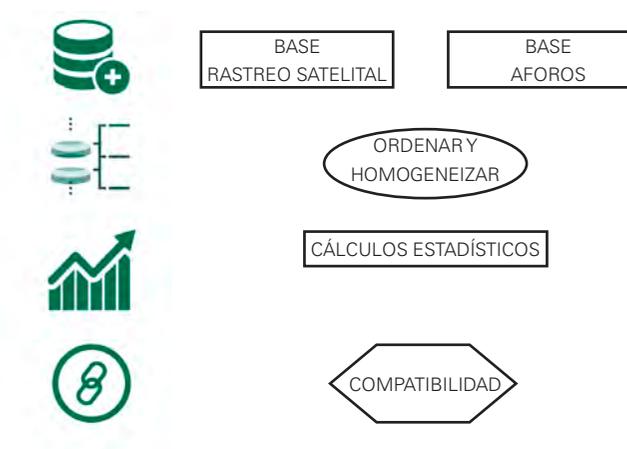
Error relativo

Es el cociente que divide la diferencia entre ambos resultados y el valor de referencia, donde al multiplicarlo por 100 se obtiene el tanto por ciento (%) de error al igual que el error absoluto puede ser positivo o negativo.

$$\% \text{ Error relativo} = (V - x) / (\bar{X}) \times 100$$

Finalmente, debido a que la suma de todos los movimientos para la base por aforo manual y la base por rastreo satelital no son productos iguales, esto al no tener muestras del mismo tipo, cada registro es el resultado de la proporción representativa de la suma de todos los registros. De esta manera la compatibilidad de los datos es uno a uno posibilitando la comparación sus diferencias.

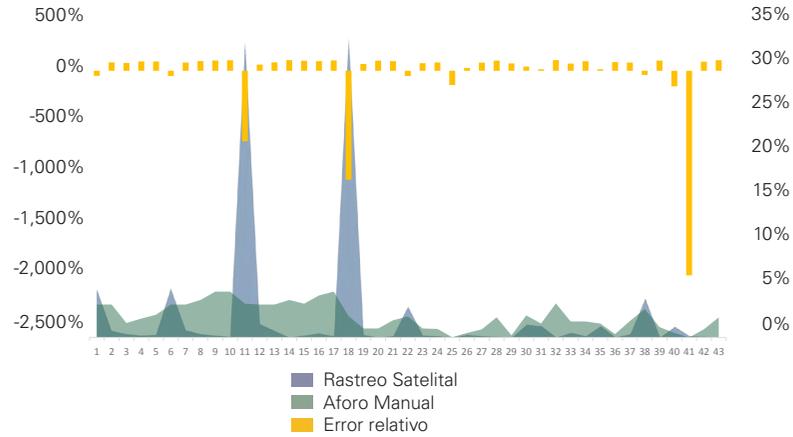
Figura 6 Proceso de trabajo



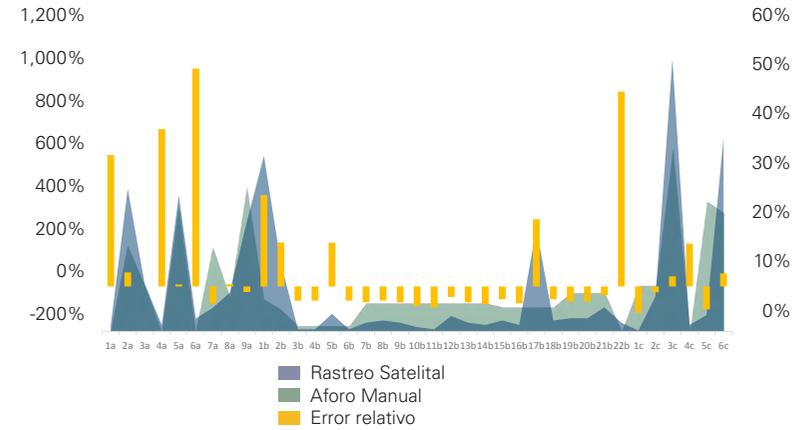
Resultados



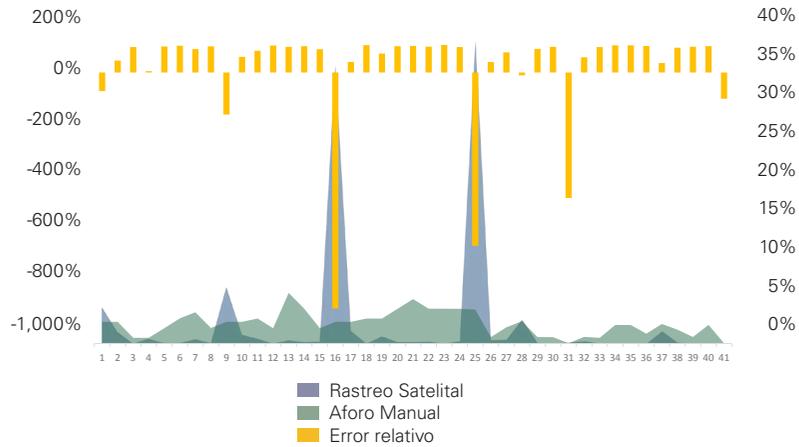
Comparación por polígono en período matutino



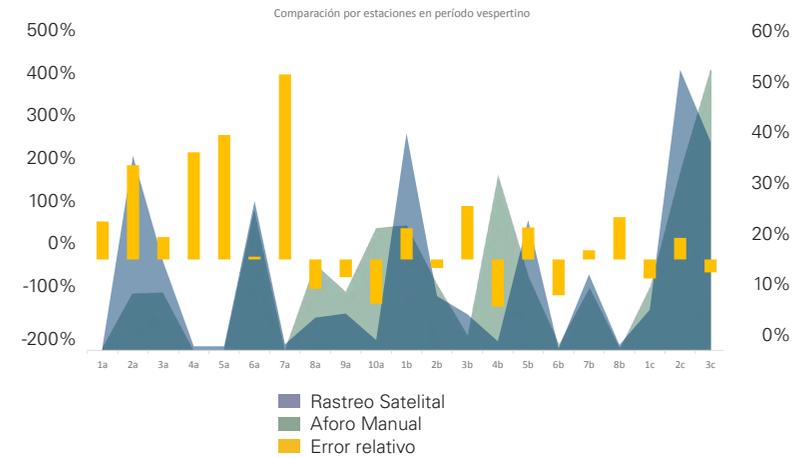
Comparación por estaciones en período matutino



Comparación por polígono en período vespertino



Comparación por estaciones en período vespertino



Conclusiones y discusión

Se encontraron diferencias significativas entre la información recolectada en campo y los patrones de movimientos dados por la información satelital. Esto puede deberse a un sesgo derivado del tipo de vehículos que habitualmente cuentan con dispositivos de rastreo (comúnmente vehículos de flotillas corporativas) en comparación con el universo de vehículos particulares; la información satelital agregada no permite conocer el tipo de vehículo específico contado.

Con los datos analizados, los porcentajes de error relativo no permiten considerar equivalentes las proporciones de movimientos direccionales del monitoreo satelital con los encontrados. No obstante, este ejercicio permitió delinear una metodología preliminar para comparar esta información.

Convencidos del enorme potencial que la información recopilada con nuevas herramientas tecnológicas tiene, nos mantenemos optimistas sobre las posibilidades hacia el futuro para reducir la dependencia de información recolectada de manera temporal en campo. Para el caso especial de la información satelital, se considera que en la medida que las bases de datos incluyan un número mayor y más diverso de vehículos, su potencial para usarse como fuentes principales de información en estudios de movilidad crecerá notablemente.

En a|911 se sigue explorando con nuestros socios en la modernización de los análisis de movilidad.

Anexos



Comparación por polígono en período matutino

#	CLAVES		VOLUMEN TOT. AUTOMOVILES 8:30 - 9:30			PROPORCIONES				
	Rastreo satelital (Origen/Destino)	Aforo manual (Estación-Mov1-Mov2)	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Error absoluto	Error relativo
1	1-2	3-B-D	73	2,226	1,150	5.34%	3.61%	3.65%	-1.73%	-47.43%
2	1-3	3-B-D	11	2,226	1,119	0.80%	3.61%	3.55%	2.80%	79.04%
3	1-5	3-B1-A; 2-C-D	6	972	489	0.44%	1.58%	1.55%	1.14%	73.30%
4	1-7	3-B1-A; 2-C-A; 1-C-D	4	1,274	639	0.29%	2.06%	2.03%	1.77%	87.47%
5	1-8	3-B1-A; 2-C-A; 1-C-A	5	1,535	770	0.37%	2.49%	2.44%	2.12%	86.92%
6	2-2	3-B-D	74	2,226	1,150	5.41%	3.61%	3.65%	-1.80%	-49.41%
7	2-3	3-B-D	12	2,226	1,119	0.88%	3.61%	3.55%	2.73%	76.95%
8	2-5	3-B2-A; 2-C-D	6	2,533	1,270	0.44%	4.11%	4.03%	3.67%	91.08%
9	2-8	3-B2-A; 2-C-A; 1-C-A	4	3,096	1,550	0.29%	5.02%	4.92%	4.73%	96.14%
10	2-9	3-B2-A; 2-C-A; 1-C-B	2	3,096	1,549	0.15%	5.02%	4.91%	4.87%	99.17%
11	3-2	3-B2-A; 2-C-A	441	2,283	1,362	32.24%	3.70%	4.32%	-28.54%	-660.75%
12	3-3	3-B-D	21	2,226	1,124	1.54%	3.61%	3.56%	2.07%	58.17%
13	3-5	3-B-D	11	2,226	1,119	0.80%	3.61%	3.55%	2.80%	79.04%
14	3-6	3-B2-A; 2-C-D	1	2,533	1,267	0.07%	4.11%	4.02%	4.03%	100.36%
15	3-7	3-B2-A; 2-C-A	4	2,283	1,144	0.29%	3.70%	3.63%	3.41%	93.97%
16	3-8	3-B2-A; 2-C-A; 1-C-D	7	2,835	1,421	0.51%	4.59%	4.51%	4.08%	90.61%
17	3-10	3-B2-A; 2-C-A; 1-C-A	3	3,096	1,550	0.22%	5.02%	4.91%	4.80%	97.65%
18	4-1	3-D-B	450	1,438	944	32.89%	2.33%	2.99%	-30.56%	-1021.05%
19	4-5	3-D-AS; 2-C-AS; 1-C-C	5	606	306	0.37%	0.98%	0.97%	0.62%	63.65%
20	4-6	3-D-AS; 2-C-AS; 1-C-C	1	606	304	0.07%	0.98%	0.96%	0.91%	94.45%
21	4-7	3-D-AS; 2-C-AS; 1-C-D	3	1,158	581	0.22%	1.88%	1.84%	1.66%	90.04%
22	4-8	3-D-AS; 2-C-AS; 1-C-A	47	1,419	733	3.44%	2.30%	2.32%	-1.14%	-48.87%
23	4-9	3-D-AS; 2-C-AS; 1-C-B	4	609	307	0.29%	0.99%	0.97%	0.69%	71.47%
24	5-2	2-D-C; 3-A-D	3	579	291	0.22%	0.94%	0.92%	0.72%	77.92%
25	6-1	2-D-C	1	19	10	0.07%	0.03%	0.03%	-0.04%	-133.42%
26	6-2	1-A-D	5	307	156	0.37%	0.50%	0.49%	0.13%	26.69%
27	7-1	2-A-CS	3	549	276	0.22%	0.89%	0.88%	0.67%	76.60%
28	7-2	2-A-C; 3-A-D	2	1,356	679	0.15%	2.20%	2.15%	2.05%	95.28%
29	7-5	2-A-D	1	142	72	0.07%	0.23%	0.23%	0.16%	69.26%
30	8-1	1-D-C; 2-A-CS	20	1,491	756	1.46%	2.42%	2.40%	0.95%	39.84%

#	CLAVES		VOLUMEN TOT. AUTOMOVILES 8:30 - 9:30			PROPORCIONES				
	Rastreo satelital (Origen/Destino)	Aforo manual (Estación-Mov1-Mov2)	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Error absoluto	Error relativo
31	8-2	1-D-C	18	942	480	1.32%	1.53%	1.52%	0.21%	13.85%
32	8-4	1-D-C; 2-A-C; 3-A-D	1	2,298	1,150	0.07%	3.72%	3.65%	3.65%	100.17%
33	8-5	1-D-C; 2-A-D	8	1,084	546	0.58%	1.76%	1.73%	1.17%	67.69%
34	8-6	1-D-C; 2-A-D	3	1,084	544	0.22%	1.76%	1.72%	1.54%	89.21%
35	8-8	1-D-C	18	942	480	1.32%	1.53%	1.52%	0.21%	13.85%
36	8-10	1-D-A	1	231	116	0.07%	0.37%	0.37%	0.30%	81.90%
37	9-1	1-A-C; 2-A-CS	6	1,110	558	0.44%	1.80%	1.77%	1.36%	76.88%
38	9-2	1-A-C; 2-A-C; 3-A-D	59	1,917	988	4.31%	3.11%	3.13%	-1.21%	-38.50%
39	9-5	1-A-C; 2-A-D	1	703	352	0.07%	1.14%	1.12%	1.07%	95.52%
40	9-7	1-A-D	17	307	162	1.24%	0.50%	0.51%	-0.75%	-145.06%
41	9-9	1-A-B	3	4	4	0.22%	0.01%	0.01%	-0.21%	-1917.53%
42	10-1	1-A-B; 1-B-C; 2-A-CS	2	552	277	0.15%	0.89%	0.88%	0.75%	85.20%
43	10-2	1-B-C; 2-A-C; 3-A-D	1	1,359	680	0.07%	2.20%	2.16%	2.13%	98.75%
			1,368	61,704	31,536	100%	100%	100%	$\bar{X} =$ 0.00%	-33.11%

Comparación por polígono en período vespertino

#	CLAVES		VOLUMEN TOT. AUTOMOVILES 8:30 - 9:30			PROPORCIONES				
	Rastreo satelital (Origen/Destino)	Aforo manual (Estación-Mov1-Mov2)	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Error absoluto	Error relativo
1	1-2	3-B-D	75	1,410	743	4.53%	2.67%	2.72%	-1.86%	-68.33%
2	1-3	3-B-D	25	1,410	718	1.51%	2.67%	2.63%	1.16%	43.99%
3	1-4	3-B1-A; 2-C-D	1	370	186	0.06%	0.70%	0.68%	0.64%	93.98%
4	1-5	3-B1-A; 2-C-D	11	370	191	0.66%	0.70%	0.70%	0.04%	5.11%
5	1-6	3-B1-A; 2-C-A; 1-C-C	2	999	501	0.12%	1.89%	1.84%	1.77%	96.35%
6	1-7	3-B1-A; 2-C-A; 1-C-D	2	1,637	820	0.12%	3.10%	3.01%	2.98%	98.99%
7	1-8	3-B1-A; 2-C-A; 1-C-A	10	2,034	1,022	0.60%	3.85%	3.75%	3.24%	86.52%
8	1-9	3-B1-A; 2-C-A; 1-C-B	2	1,006	504	0.12%	1.90%	1.85%	1.78%	96.40%
9	2-2	3-B-D	116	1,410	763	7.00%	2.67%	2.80%	-4.34%	-154.94%
10	2-3	3-B-D	19	1,410	715	1.15%	2.67%	2.62%	1.52%	57.99%
11	2-5	3-B2-A; 2-C-D	11	1,625	818	0.66%	3.07%	3.00%	2.41%	80.31%
12	2-6	3-B1-A; 2-C-A; 1-C-C	1	999	500	0.06%	1.89%	1.83%	1.83%	99.74%
13	2-8	3-B2-A; 2-C-A; 1-C-A	8	3,289	1,649	0.48%	6.22%	6.05%	5.74%	94.90%
14	2-9	3-B2-A; 2-C-A; 1-C-B	4	2,261	1,133	0.24%	4.28%	4.15%	4.04%	97.14%
15	2-10	3-B1-A; 2-C-A	5	999	502	0.30%	1.89%	1.84%	1.59%	86.23%
16	3-2	3-B-D	567	1,410	989	34.24%	2.67%	3.63%	-31.57%	-870.56%
17	3-3	3-B-D	27	1,410	719	1.63%	2.67%	2.64%	1.04%	39.34%
18	3-4	3-B2-A; 2-C-D	1	1,625	813	0.06%	3.07%	2.98%	3.01%	101.04%
19	3-5	3-B2-A; 2-C-D	16	1,625	821	0.97%	3.07%	3.01%	2.11%	70.03%
20	3-6	3-B2-A; 2-C-A	4	2,254	1,129	0.24%	4.26%	4.14%	4.02%	97.12%
21	3-7	3-B2-A; 2-C-A; 1-C-D	4	2,892	1,448	0.24%	5.47%	5.31%	5.23%	98.44%
22	3-8	3-B2-A; 2-C-A; 1-C-A	5	2,261	1,133	0.30%	4.28%	4.16%	3.98%	95.64%
23	3-9	3-B2-A; 2-C-A; 1-C-B	1	2,261	1,131	0.06%	4.28%	4.15%	4.22%	101.63%
24	3-10	3-B2-A; 2-C-A	6	2,254	1,130	0.36%	4.26%	4.15%	3.90%	94.12%
25	4-1	3-D-B	617	2,204	1,411	37.26%	4.17%	5.17%	-33.09%	-639.42%
26	4-5	3-D-AS; 2-C-AS; 1-C-C	8	414	211	0.48%	0.78%	0.77%	0.30%	38.77%
27	4-7	3-D-AS; 2-C-AS; 1-C-D	9	1,052	531	0.54%	1.99%	1.95%	1.45%	74.33%
28	4-8	3-D-AS; 2-C-AS; 1-C-A	50	1,449	750	3.02%	2.74%	2.75%	-0.28%	-10.11%
29	4-9	3-D-AS; 2-C-AS; 1-C-B	2	421	212	0.12%	0.80%	0.78%	0.68%	87.08%
30	4-10	3-D-AS; 2-C-AS	1	414	208	0.06%	0.78%	0.76%	0.72%	94.95%

#	CLAVES		VOLUMEN TOT. AUTOMOVILES 17:00 - 16:00			PROPORCIONES				
	Rastreo satelital (Origen/Destino)	Aforo manual (Estación-Mov1-Mov2)	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Error absoluto	Error relativo
31	6-1	2-D-C	3	15	9	0.18%	0.03%	0.03%	-0.15%	-462.71%
32	6-2	1-A-D	6	429	218	0.36%	0.81%	0.80%	0.45%	56.30%
33	7-1	2-A-CS	1	371	186	0.06%	0.70%	0.68%	0.64%	94.01%
34	7-2	2-A-C; 3-A-D	1	1,203	602	0.06%	2.28%	2.21%	2.22%	100.31%
35	7-3	2-A-C; 3-A-D	1	1,203	602	0.06%	2.28%	2.21%	2.22%	100.31%
36	7-7	2-A-A; 1-C-D	1	638	320	0.06%	1.21%	1.17%	1.15%	97.82%
37	8-1	1-D-C; 2-A-CS	26	1,273	650	1.57%	2.41%	2.38%	0.84%	35.18%
38	8-10	1-D-C	3	902	453	0.18%	1.71%	1.66%	1.53%	91.88%
39	9-6	1-A-C	1	423	212	0.06%	0.80%	0.78%	0.74%	95.13%
40	10-2	1-B-C; 2-A-C; 3-A-D	2	1,210	606	0.12%	2.29%	2.22%	2.17%	97.53%
41	10-8	1-A-B	1	16	9	0.06%	0.03%	0.03%	-0.03%	-96.58%
			1,656	52,858	27,257	100%	100%	100%	$\bar{X} =$ 0.00%	12.10%

Comparación por estaciones en período matutino

#	CLAVES		VOLUMEN TOT. AUTOMOVILES 8:30 - 9:30			PROPORCIONES				
	Rastreo satelital (Origen/Destino)	Aforo manual (Estación-Mov1-Mov2)	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Error absoluto	Error relativo
1a	1-A-B	9-9	4	3	4	0.12%	1.23%	0.19%	1.12%	584.12%
2a	1-A-C	9-2,9-1,9-5	561	66	314	16.42%	27.16%	17.14%	10.74%	62.66%
3a	1-A-D	9-7,6-2	307	22	165	8.99%	9.05%	8.99%	0.07%	0.74%
4a	1-B-C	10-1,10-2	3	3	3	0.09%	1.23%	0.16%	1.15%	699.32%
5a	1-C-A	3-8,1-8,4-8,2-8	813	63	438	23.80%	25.93%	23.94%	2.13%	8.88%
6a	1-C-B	4-9,2-9	3	6	5	0.09%	2.47%	0.25%	2.38%	968.14%
7a	1-C-D	3-7,1-7,4-7	552	11	282	16.16%	4.53%	15.39%	-11.63%	-75.60%
8a	1-D-A	8-8	231	18	125	6.76%	7.41%	6.81%	0.65%	9.48%
9a	1-D-C	8-1,8-2,8-4,8-5,8-6,8-10	942	51	497	27.58%	20.99%	27.14%	-6.59%	-24.28%
			3,416	243	1,830	100%	100%	100%	$\bar{X} =$ 0.00%	248.16%
1b	2-A-C	9-2,7-2,10-2,8-2	796	80	438	6.21%	33.47%	6.71%	27.26%	406.32%
2b	2-A-CS	7-1,9-1,10-1,8-1	549	31	290	4.28%	12.97%	4.44%	8.69%	195.55%
3b	2-A-D	7-5	142	1	72	1.11%	0.42%	1.10%	-0.69%	-62.95%
4b	2-A-D	8-4	142	1	72	1.11%	0.42%	1.10%	-0.69%	-62.95%
5b	2-A-D	8-5	142	8	75	1.11%	3.35%	1.15%	2.24%	194.92%
6b	2-A-D	9-5	142	1	72	1.11%	0.42%	1.10%	-0.69%	-62.95%
7b	2-C-A	1-7	701	4	353	5.47%	1.67%	5.40%	-3.80%	-70.29%
8b	2-C-A	1-8	701	5	353	5.47%	2.09%	5.41%	-3.38%	-62.46%
9b	2-C-A	2-8	701	4	353	5.47%	1.67%	5.40%	-3.80%	-70.29%
10b	2-C-A	2-9	701	2	352	5.47%	0.84%	5.38%	-4.63%	-86.03%
11b	2-C-A	3-6	701	1	351	5.47%	0.42%	5.38%	-5.05%	-93.94%
12b	2-C-A	3-8	701	7	354	5.47%	2.93%	5.42%	-2.54%	-46.85%
13b	2-C-A	3-7	701	4	353	5.47%	1.67%	5.40%	-3.80%	-70.29%
14b	2-C-A	3-10	701	3	352	5.47%	1.26%	5.39%	-4.21%	-78.15%
15b	2-C-AS	4-5	606	5	306	4.73%	2.09%	4.68%	-2.64%	-56.33%
16b	2-C-AS	4-7	606	3	305	4.73%	1.26%	4.66%	-3.47%	-74.45%
17b	2-C-AS	4-8	606	47	327	4.73%	19.67%	5.00%	14.94%	298.65%
18b	2-C-AS	4-6,4-9	606	5	306	4.73%	2.09%	4.68%	-2.64%	-56.33%

CLAVES			VOLUMENTOT. AUTOMOVILES 17:00 - 16:00			PROPORCIONES				
#	Rastreo satelital (Origen/Destino)	Aforo manual (Estación-Mov1-Mov2)	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Error absoluto	Error relativo
19b	2-C-D	1-5	951	6	479	7.42%	2.51%	7.33%	-4.91%	-66.98%
20b	2-C-D	2-5	951	6	479	7.42%	2.51%	7.33%	-4.91%	-66.98%
21b	2-C-D	3-5	951	11	481	7.42%	4.60%	7.37%	-2.82%	-38.24%
22b	2-D-C	5-2,6-1	19	4	12	0.15%	1.67%	0.18%	1.53%	865.90%
			12,817	239	6,528	100%	100%	100%	\bar{X} = 0.00%	37.95%
1c	3-A-D	7-2	560	2	281	8.77%	0.16%	7.39%	-8.60%	-116.42%
2c	3-A-D	5-2,8-2,9-2,10-2	560	81	321	8.77%	6.65%	8.43%	-2.12%	-25.12%
3c	3-B-D	1-2,1-3,2-2,2-3,3-2,3-3	2,226	632	1,429	34.85%	51.89%	37.58%	17.04%	45.33%
4c	3-B1-A	1-5,1-7,1-8	21	15	18	0.33%	1.23%	0.47%	0.90%	190.70%
5c	3-B2-A	2-5,2-8,2-9,3-6,3-5,3-8,3-7,3-10	1,582	38	810	24.77%	3.12%	21.30%	-21.65%	-101.63%
6c	3-D-B	4-1	1,438	450	944	22.51%	36.95%	24.83%	14.43%	58.13%
			6,387	1,218	3,803	100%	100%	100%	\bar{X} = 0.00%	8.50%

Comparación por estaciones en período vespertino

CLAVES			VOLUMEN TOT. AUTOMOVILES 17:00 - 16:00			PROPORCIONES				
#	Rastreo satelital (Origen/Destino)	Aforo manual (Estación-Mov1-Mov2)	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Rastreo satelital	Aforo manual	Media aritmética	Error absoluto	Error relativo
1a	1-A-B	9-9	16	2	9	0.41%	0.77%	0.43%	0.36%	83.67%
2a	1-A-C	9-1,9-6,9-2	423	95	259	10.84%	36.68%	12.45%	25.84%	207.49%
3a	1-A-D	9-7,6-2	429	43	236	11.00%	16.60%	11.35%	5.61%	49.40%
4a	1-B-A	1-4,10-8	8	2	5	0.21%	0.77%	0.24%	0.57%	235.92%
5a	1-B-C	10-2	7	2	5	0.18%	0.77%	0.22%	0.59%	273.99%
6a	1-C-A	3-8,1-8,2-8,4-8	1,035	73	554	26.53%	28.19%	26.63%	1.65%	6.21%
7a	1-C-B	1-9,2-9,4-9	7	3	5	0.18%	1.16%	0.24%	0.98%	407.21%
8a	1-C-D	3-7,1-7,4-7,7-7	638	16	327	16.35%	6.18%	15.72%	-10.18%	-64.74%
9a	1-D-A	8-8	436	18	227	11.18%	6.95%	10.91%	-4.23%	-38.73%
10a	1-D-C	8-1,8-2,8-5,8-6,8-10	902	5	454	23.12%	1.93%	21.80%	-21.19%	-97.20%
			3,901	259	2,080	100.00%	100.00%	100.00%	$\bar{X} =$ 0.00%	106.32%
1b	2-A-C	8-2,7-3,9-2,10-2,7-2	698	120	409	23.63%	40.96%	25.19%	17.33%	68.78%
2b	2-A-CS	9-1,7-1,8-1	371	30	201	12.56%	10.24%	12.35%	-2.32%	-18.79%
3b	2-A-D	8-5	87	20	54	2.95%	6.83%	3.30%	3.88%	117.77%
4b	2-C-A	3-8,3-7,3-10,1-6,1-7,1-9,1-8,2-10,2-8,2-9,3-6	980	5	493	33.18%	1.71%	30.34%	-31.47%	-103.74%
5b	2-C-AS	4-5,4-6,4-7,4-8,4-9,4-10	414	72	243	14.01%	24.57%	14.97%	10.56%	70.54%
6b	2-C-B	3-9	38	1	20	1.29%	0.34%	1.20%	-0.95%	-78.69%
7b	2-C-D	1-5,2-5,1-4,2-6,3-4,3-9,3-5	351	42	197	11.88%	14.33%	12.10%	2.45%	20.26%
8b	2-D-C	6-1	15	3	9	0.51%	1.02%	0.55%	0.52%	93.10%
			2,954	293	1,624	100%	100%	100%	$\bar{X} =$ 0.00%	21.15%
1c	3-A-D	8-2,9-2,10-2,7-2,7-3	505	120	313	12.26%	7.66%	10.99%	-4.60%	-41.82%
2c	3-B-D	1-2,1-3,2-2,2-3,3-2,3-3	1,410	829	1,120	34.23%	52.94%	39.38%	18.71%	47.50%
3c	3-D-B	4-1	2,204	617	1,411	53.51%	39.40%	49.62%	-14.11%	-28.43%
			4,119	1,566	2,843	100.00%	100.00%	100.00%	$\bar{X} =$ 0.00%	-7.58%

