



Programa de Desarrollo Profesional UPR/PUPR/ATI
Centro de Transferencia de Tecnología en Transportación
Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez
Mayagüez, Puerto Rico

Informe Final
Grupo 2

***Estudio de Viabilidad Para Implantación de Sistemas
Inteligentes de Transportación en la Autoridad
Metropolitana de Autobuses***

Sometido por:

Coral A. Torres Cruz
co_523@hotmail.com

Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura
Universidad de Puerto Rico - Mayagüez

Consejeros

Didier Valdés, PhD
dvaldes@uprm.edu

Jaime Gutiérrez, PhD
j_gutierrez@yahoo.com

Sometido a:

Benjamín Colucci, PhD, PE, PTOE
bcolucci@uprm.edu
Director del Programa

Mayo 2006

Tabla de Contenido

Abstracto	4
Lista de términos	5
Introducción.....	7
Objetivos	10
Metodología	12
Datos y resultados obtenidos en vistas de campo a ruta M2	13
Frecuencias	13
Horas de servicio	15
Comodidad y espacio para pasajeros	16
Tiempo de retraso	22
Variabilidad de intervalos.....	25
Tiempo de viaje en automóvil vs. autobús	27
Métodos de obtención de datos	32
Resultados	35
Frecuencias	35
Horas de servicio	36
Comodidad	36
Tiempo de retraso	38
Tiempo de viaje	38
Recomendación de alternativas ITS	40
GPS-AVL	40
Software automatizado de envío de data	42
Alarma de emergencia	43

Terminales móviles de datos	43
Información a tiempo real para el pasajero	44
Conteo automático de pasajeros	45
Sistemas electrónicos de pago	46
Anuncio por medio de voz de paradas	47
Pantallas electrónicas	47
Monitoreo de vehículos	48
Cámaras de vigilancia	49
Tratamiento preferencial de la señal de tráfico	50
Estimado de costos de tecnologías que deberían ser implantadas a la ruta M2	51
Conclusiones y Recomendaciones	52
Trabajos futuros	53
Referencias	54
Agradecimientos	55

Abstracto

Actualmente, AMA (Autoridad Metropolitana de Autobuses) tiene un GPS (Global Positioning System) - AVL (Automatic Vehicle Location) que verifica constantemente sus rutas en el área metropolitana de San Juan. Este sistema ayuda a la agencia a tomar decisiones más rápidas y más eficaces en caso de que haya una emergencia o un problema mecánico con un vehículo. Las tecnologías de ITS (Intelligent Transportation Systems) en AMA se limitan solamente a estas funciones. Sin embargo, en otros países otras tecnologías de ITS se han puesto en ejecución para aumentar el patrocinio y para mejorar niveles del servicio. Por ejemplo, el uso de tableros eléctricos que muestren tiempos de llegada estimados de los autobuses. Hay dos objetivos principales en este estudio: 1) obtener niveles de servicio para Metrobus II. 2) identificar todas las posibles tecnologías de ITS que AMA podría poner. Estos objetivos serán realizados con la adquisición de todos los datos disponibles del sistema de GPS-AVL y a través de “point checks” y “ride checks”. Todos los datos serán analizados usando los parámetros del TCRP100. El segundo objetivo será completado analizando la información obtenida y comparándola por medio de revisión de literatura. También se analizarán otros países que han implantado ITS y GPS-AVL en sus sistemas de autobuses. Los ITS se pueden clasificar como: control en tiempo real, recopilación de datos, utilización de los datos para mejorar el proceso de planificación y diseño y control a tiempo real. De esta manera, se pueden hacer recomendaciones específicas sobre tecnologías adicionales que se podrían implementar en ATI, para mejorar su funcionamiento y su patrocinio.

Lista de Terminos

1. GPS- Global Positioning System o Sistema de Posicionamiento Global - es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de una persona, un vehículo o una nave, con una desviación de cuatro metros. El sistema fue desarrollado e instalado, y actualmente es operado, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. La localización se ofrece en términos de latitudes, longitudes y elevación.
2. AVL – Automatic Vehicle Location o Localización Automática de Vehículos - consiste del uso de GPS en vehículos, una red de comunicación entre el vehiculo y el despachador y un software para codificar la información al despachador de manera que sea fácil acceder y de entender. El propósito de esto es poder ver de manera grafica los vehículos a tiempo real.
3. AMA- Autoridad Metropolitana de Autobuses – sistema de transporte colectivo por medio de autobuses en el área metropolitana de San Juan, Puerto Rico.
4. SMT 3000 Busview- software desarrollado en Costa Rica el cual junto al GPS-AVL ayuda a calcular frecuencias, intervalos, velocidades de los autobuses a tiempo real.
5. ITS – Intelligent Transportation Systems o Sistemas Inteligentes de Transportación tecnologías que se usan en la rama de la ingeniería de transportación que promueven la seguridad y movilidad en la transportación además de que aumenta la productividad debido al uso de estas tecnologías.

6. MDT – Mobile Data Terminals o Terminales Mviles de Datos - métodos primarios de comunicación entre los operadores y los despachadores.
7. M2 – Metrobus II- ruta de AMA que va desde Santurce hasta Bayamón.
8. TCRP- Transit Capacity and Quality of Service Manual 2nd Edition – manual que establece unos niveles de servicio basado en las siguientes medidas: disponibilidad, monitoreo de servicio, tiempo de viaje, protección y seguridad, mantenimiento, economía y capacidad.

Introducción

La Autoridad Metropolitana de Autobuses es un sistema de transporte colectivo por medio de autobuses en el área metropolitana de San Juan, Puerto Rico. Esta agencia se creó como una corporación pública bajo la Ley Núm. 5, del 11 de mayo de 1959. Fue integrada al Departamento de Transportación y Obras Públicas en 1973. La AMA opera una flota de 277 autobuses en el servicios regular y 35 autobuses los cuales proveen servicio para personas con limitaciones físicas y/o mentales cubriendo siete (7) de los trece (13) municipios del Área Metropolitana de San Juan. Los municipios a los que esta agencia brinda su servicio son: San Juan, Guaynabo, Bayamón, Trujillo Alto, Cataño, Carolina y Río Piedras. La AMA opera un total de 30 rutas con un promedio de 188 autobuses durante horas de mayor tránsito. Adicional a esto, la AMA opera un servicio para la Autoridad de Carreteras y Transportación llamado Metrobus II con un total de 17 autobuses en la ruta durante horas de mayor tránsito. La ruta Metrobus II es una de las rutas más abarcadoras en AMA. La misma brinda servicio a 3 municipios, Río Piedras, San Juan y Bayamón. La ruta es la siguiente: Parada 18 - Estación Sagrado Corazón - Estación Hato Rey - Estación Roosevelt - Ave. Roosevelt - San Patricio -PR-2 – Bayamón.

Esta agencia ha ido evolucionando a través de los años acorde con los avances tecnológicos para proveer un mejor servicio a sus usuarios. El más reciente de estos avances tecnológicos es un Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en ingles)-Localización Automática de Vehículos (AVL por sus siglas en ingles) en sus autobuses. Esta tecnología permite al centro de comunicaciones de esta agencia saber la localización exacta de los autobuses a tiempo real y a la misma vez proyectar los autobuses en un mapa con todas las rutas de los 7 municipios que estos autobuses recorren por medio de la codificación de la información recibida de las guaguas con un software.

Para propósitos de este estudio se escogió esta ruta por su amplia cobertura, por ser una ruta tan extensa como la alineación del tren (alrededor de 20 millas) y por que todas las unidades utilizadas para esta ruta también tienen el sistema GPS-AVL de AMA. Rutas tan extensas como esta son una mejor muestra para el tipo de estudio que se

realizara (niveles de servicio) ya que al ser tan extensas pueden encontrar más contratiempos y/o obstáculos que hagan que su frecuencia y capacidad sea afectada.



Fig. #1, Fotografía Ruta Metrobus II

El propósito de este estudio es conseguir la optimización del servicio primordial de esta agencia que sería Ruta Regular y los otros programas existentes, por medio de la tecnología ya existente y tecnología que se podría incorporar a la ya existente para crear mejores niveles de servicio de las guaguas y de esta manera crear mas confiabilidad al usuario lo cual podría incrementar el uso de el sistema. El sistema de GPS-AVL con el que esta agencia cuenta es un sistema muy moderno y que ha sido reconocido a nivel mundial por su calidad. Aun así en muchos lugares del mundo como Japón, Francia, México, Colombia, etc. existen sistemas de localización de autobuses de este tipo en donde se han incorporado otras tecnologías junto al GPS-AVL. Por ejemplo en Costa Rica se a implementado el uso de barras electrónicas en los autobuses para conteo de pasajeros junto al GPS-AVL y un software conocido como SMT 3000 Busview. Todo esto en conjunto permite que el centro de comunicaciones de las guaguas mantenga un

control de frecuencias y velocidades de las guaguas para que el ciclo de las mismas se cumpla con la mayor rigurosidad posible. Estas aplicaciones son ejemplos dentro de áreas específicas de ITS como: control a tiempo real, recopilación de data, planificación de servicio, información a tiempo real, etc.

Para poder analizar esta ruta se obtuvieron datos de tiempos entre terminales, tiempo de recorrido total, número de pasajeros en las guaguas y datos de GPS. Los datos fueron obtenidos a través de un estudio de campo específicamente los días 17 de noviembre de 2005, 12 de enero de 2006, 7 de febrero de 2006 y el 25 de marzo de 2006. Con estos datos se realizarán cálculos de frecuencias y diagramas de carga. Luego basándonos en los estándares de el manual Transit Capacity and Quality of Service Manual 2nd Edition obtendremos niveles de servicio para la ruta estudiada.

El Transit Capacity and Quality of Service Manual 2nd Edition establece unos niveles de servicio basado en las siguientes medidas: disponibilidad, monitoreo de servicio, tiempo de viaje, protección y seguridad, mantenimiento, economía y capacidad. En nuestro caso se trabajara solo con medidas de disponibilidad, tiempo de viaje, capacidad, monitoreo de servicio, seguridad y mantenimiento. En la tabla que se muestra a continuación se muestran los datos necesarios para poder obtener algunas de las medidas a analizar. De los resultados obtenidos en cuanto a niveles de servicios se obtendrán las áreas de mayor déficit en la ruta estudiada.

Service Measures			
	Transit Stop	Route Segment	System
Availability	Frequency	Hours of Service	Service Coverage
Comfort & Convenience	Passenger Load	Reliability	Transit-Auto Travel Time

Fig. #2, Tabla del TCQSM 2nd Edition.

Objetivos

Los objetivos para esta investigación son los siguientes:

- ✚ Estudiar más detalladamente el funcionamiento del sistema GPS-AVL para saber con exactitud el uso que se le esta dando al mismo.
- ✚ Estudiar el desempeño de los autobuses de AMA con respecto a parámetros de su nivel de servicio utilizando la metodología de TCRP 100 (TRB,2003).
- ✚ Obtener datos de tiempos de espera en paradas, tiempos de terminal a terminal, tiempo de recorrido y numero de pasajeros.
- ✚ Estudiar el desempeño de los autobuses de AMA con respecto a parámetros de su nivel de servicio.
- ✚ Identificar aplicaciones de ITS existente en la AMA y el funcionamiento de las mismas.
- ✚ Investigar que países han implantado ITS en sus sistemas de autobuses.
- ✚ Realizar un reporte del estatus actual de la AMA con respecto a sus niveles de servicio, frecuencias y aplicaciones ITS existentes. Este se usara para comparar la situación actual de la AMA con la de otros países que han implantado ITS a sus sistemas de autobuses y de esta manera obtener alternativas que se ajusten más a las necesidades existentes.
- ✚ Investigar que países han implantado ITS en sus sistemas de autobuses.
- ✚ Identificar tecnología de ITS que podría ser implantada en AMA.

- ✚ Realizar un plan de implantación de la tecnología ITS que se entienda debe ser implantada en AMA.

Metodología

Recopilación de datos e información:

- Se obtendrán datos de frecuencias y otros parámetros de calidad de servicio actuales por 2 métodos. Uno será a través del sistema GPS . El segundo método sería por medio de cálculos con datos obtenidos en el campo. En este caso se estudiaría la frecuencia de la Metrobus II.
- Se analizaran todos los datos obtenidos para realizara un reporte de estos datos para definir el estado actual de la AMA en términos de su capacidad y calidad del servicio utilizando la metodología de TCRP 100 (TRB, 2003) y toda tecnología de ITS con la cual la AMA cuenta.

Estudio de otros sistemas:

- Revisión de literatura sobre países que han implantado ITS a sus sistemas de autobuses.
- Se comparara el informe realizado de la AMA con situaciones de otros países para de esta manera conseguir alternativas de tecnologías ITS que se ajusten más a la situación actual de la AMA.

Generación de alternativas:

- Se realizara un plan de implantación con todos los datos obtenidos y conclusiones a las que se llegaron. Se explicara el uso detallado de cada tecnología encontrada en el área que corresponda a ser implantada (autobuses, centro de comunicaciones, etc.)

Datos y resultados obtenidos en vistas de campo a ruta M2

A continuación se muestran los datos obtenidos durante las visitas de campo a la ruta de Metrobus II el día 17 de noviembre de 2005, 12 de enero de 2006, 7 de febrero de 2006 y 25 de marzo de 2006 y por datos brindados por el Sr. Luís Cruz, Ayudante Especial de Presidente de AMA.

Frecuencias 17 de noviembre 2005 durante periodo de la mañana

Guagua	abren puertas	cierran puertas	Num pax	Pax suben	Pax bajan	Obs
MII		7:24	25	0		
MII	8:14:16	8:14:31	20	1		
MII	8:16:13	8:16:13	8	0		No se detuvo
MII	8:30:18	8:30:33	16	2		
MII	8:45:30	8:45:45	18	1		
MII		8:51:56	10	0		No se detuvo
MII	8:56:30	8:56:40	10	0	1	
MII	8:56:30	8:56:40	6	0		No se detuvo
MII		9:39:57	13	0		No se detuvo
MII	9:40:13	9:40:35	23	0	6	
MII	9:56:17	9:56:38	10	0	0	
MII	9:58:22	9:58:36	8	1	0	
MII	10:12:59	10:13:13		0	0	
MI	10:20:55	10:21:26	35	5	3	
MII	10:28:42	10:28:59	22	1	2	
MII	11:07:30	11:08:29	30	5	1	
MII	11:10:45	11:11:01	5	2	0	
MII	11:26:47	11:27:06	6	2	0	
MII	11:29:28		12	0		No se detuvo
MII	11:51:03	11:51:32	20	0	3	

MII	12:03:03	12:03:21	14	1		
MII	12:03:36	12:03:54	20	0	2	
MII	12:21:08	12:21:20	18	1	0	
MII	12:28:51	12:33:12	14	1	0	
MII	12:37:41		25	0		No se detuvo
MII	13:20:00	13:20:13	40	5	0	

Fig. #3, Tabla de datos de "point check"

Hora comienzo	Hora final	Periodo de estudio (hr)	Número de autobuses en este periodo	Frecuencia (veh/hr)
7:24	13:20:13	5.936944444	26	4.379357133

Fig. #4, Tabla de resultados de frecuencia

Nivel servicio – C

Frecuencias 17 de noviembre 2005 durante periodo de la tarde

Guagua	abren puertas	cierran puertas	Num pax	Pax suben	Pax bajan	Observaciones
MII	2:28:25	2:28:40	40			
MII	2:47:58	2:48:10	10		1	
MII		2:50:00	12			No se detuvo
MII	2:50:16	2:50:22	2		1	
MII	3:23:28	3:23:58	12	5		Menos Nueva
MII	3:23:30	3:24:22	55	7		Mas nueva
MII	3:47:22	3:47:33	25			
MII	3:57:30	3:57:35	20	0	2	
MII	3:57:42		4	0		No se detuvo
MII	4:24:59	4:25:16	40	1	0	

Fig. #5, Tabla de datos de "point check"

Comienzo	Final	Periodo de estudio (hr)	Numero de autobuses en este periodo	Frecuencia (veh/hr)
2:28:25	4:25:16	1.9475	9	4.621309371

Fig. #6, Tabla de resultados de frecuencia

Nivel servicio- B

Frecuencias 7 de febrero 2006

Guagua	abren puertas	cierran puertas	Num pax	Observaciones
M2	3:31:25	3:31:46	40	
M2	3:42:17	3:43:35	35	
M2	3:47:05	3:47:02	5	No paro
M2	3:49:13	3:49:54	4	

Fig. #7, Tabla de datos de "point check"

Comienzo	Final	Periodo de estudio (hr)	Numero de autobuses en este periodo	Frecuencia (veh/hr)
3:15	4:53:00	1.63	4	2.45

Fig. #8, Tabla de resultados de frecuencia

Nivel de Servicio- D

LOS	Avg. Headway (min)	veh/h	Comments
A	<10	>6	Passengers do not need schedules
B	10-14	5-6	Frequent service, passengers consult schedules
C	15-20	3-4	Maximum desirable time to wait if bus/train missed
D	21-30	2	Service unattractive to choice riders
E	31-60	1	Service available during the hour
F	>60	<1	Service unattractive to all riders

Fig. #9, Tabla de niveles de servicio del TCRP

Horas de Servicio

Lunes a Domingo – 4:30 AM a 10:00 PM

Total de horas – 17.5 horas

Nivel de Servicio - B

LOS	Hours of Service	Comments
A	19-24	Night or "owl" service provided
B	17-18	Late evening service provided
C	14-16	Early evening service provided
D	12-13	Daytime service provided
E	4-11	Peak hour service only or limited midday service
F	0-3	Very limited or no service

Fig. #10, Tabla de niveles de servicio del TCRP

Comodidad y espacio para pasajeros

17 de noviembre de 2005					
Por la mañana			Por la tarde		
Average	32.375		Average	46.875	
Máximo	67		Máximo	80	
Área para pasajeros parados	8.370656	Para promedio	Área para pasajeros parados	5.781333	Para promedio
Área para pasajeros parados	4.044776	Para máximo	Área para pasajeros parados	3.3875	Para máximo

Fig. #11, Tabla de numero de pasajeros por área de carga

Nivel de servicio promedio- B

Nivel de servicio promedio- C

Nivel de servicio máximo - D

Nivel de servicio máximo - E

LOS	Load Factor (p/seat)	Standing Passenger Area (ft ² /p) (m ² /p)		Comments
A	0.00-0.50	>10.8†	>1.00†	No passenger need sit next to another
B	0.51-0.75	8.2-10.8†	0.76-1.00†	Passengers can choose where to sit
C	0.76-1.00	5.5-8.1†	0.51-0.75†	All passengers can sit
D	1.01-1.25*	3.9-5.4	0.36-0.50	Comfortable standee load for design
E	1.26-1.50*	2.2-3.8	0.20-0.35	Maximum schedule load
F	>1.50*	<2.2	<0.20	Crush load

Fig. #12, Tabla de niveles de servicio del TCRP

Perfil de carga para 17 de noviembre para periodo de la mañana

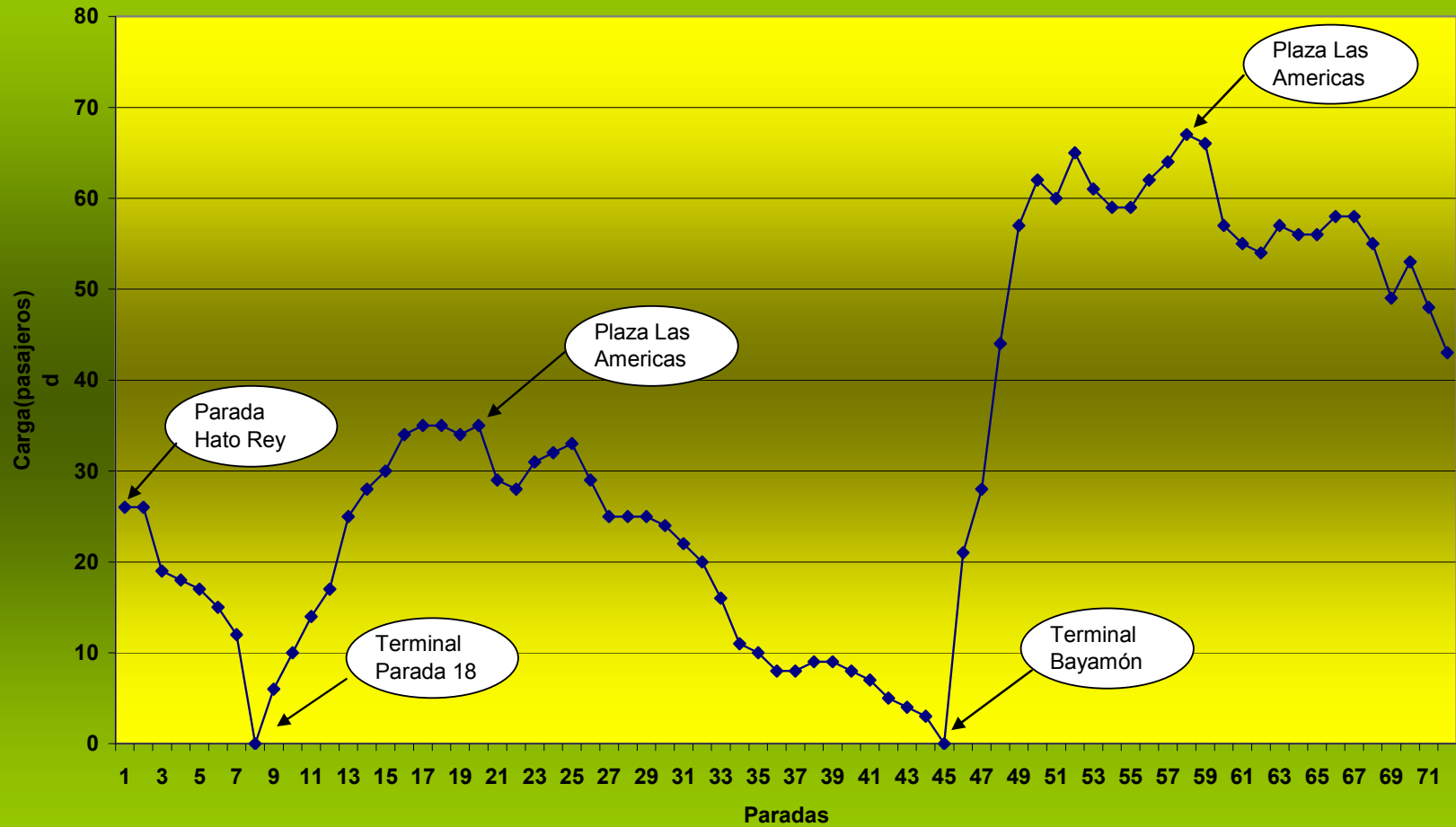


Fig. #13, Gráfica de número de pasajeros por parada

Perfil de Carga para 17 de noviembre durante hora pico de la tarde

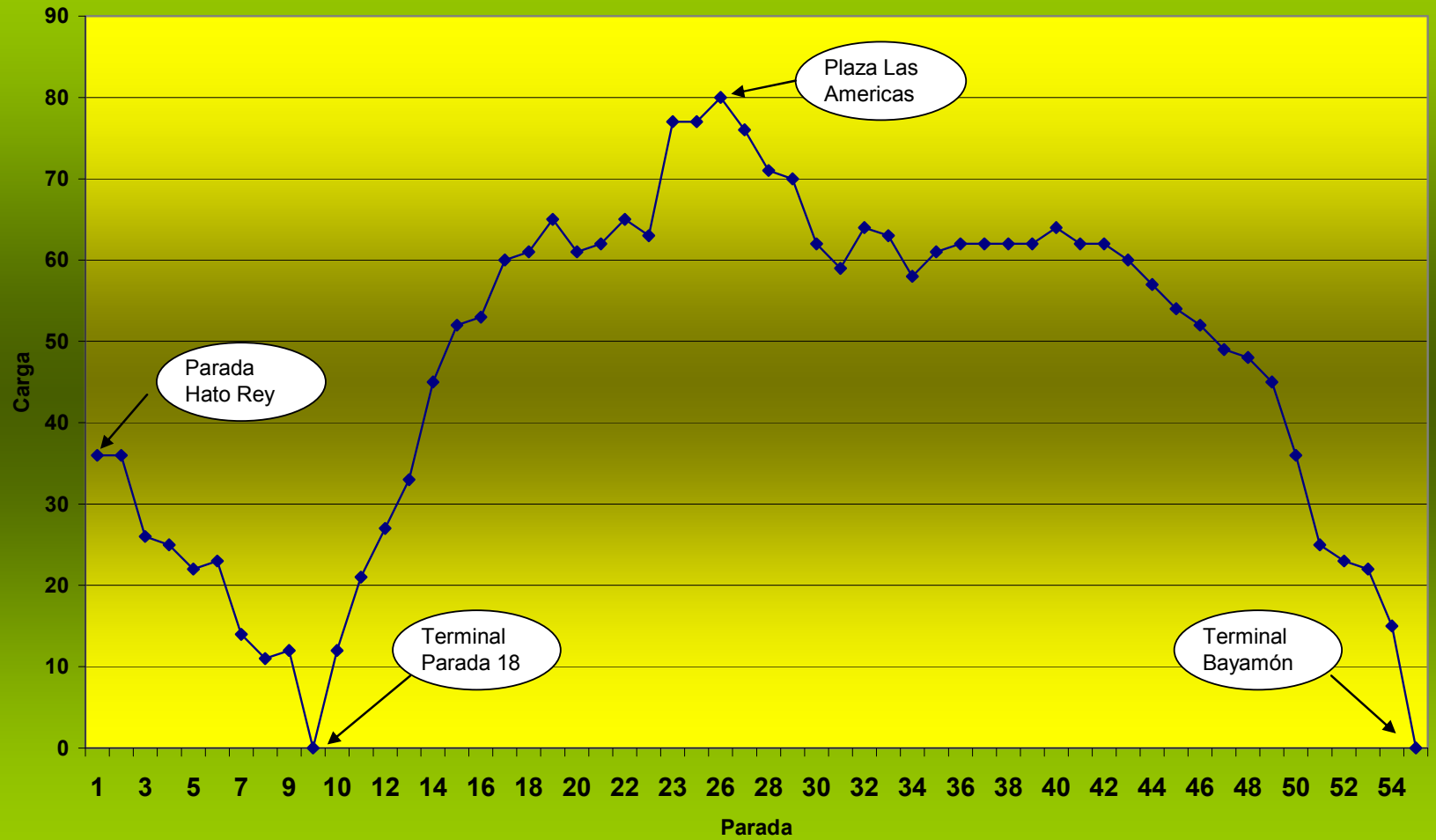


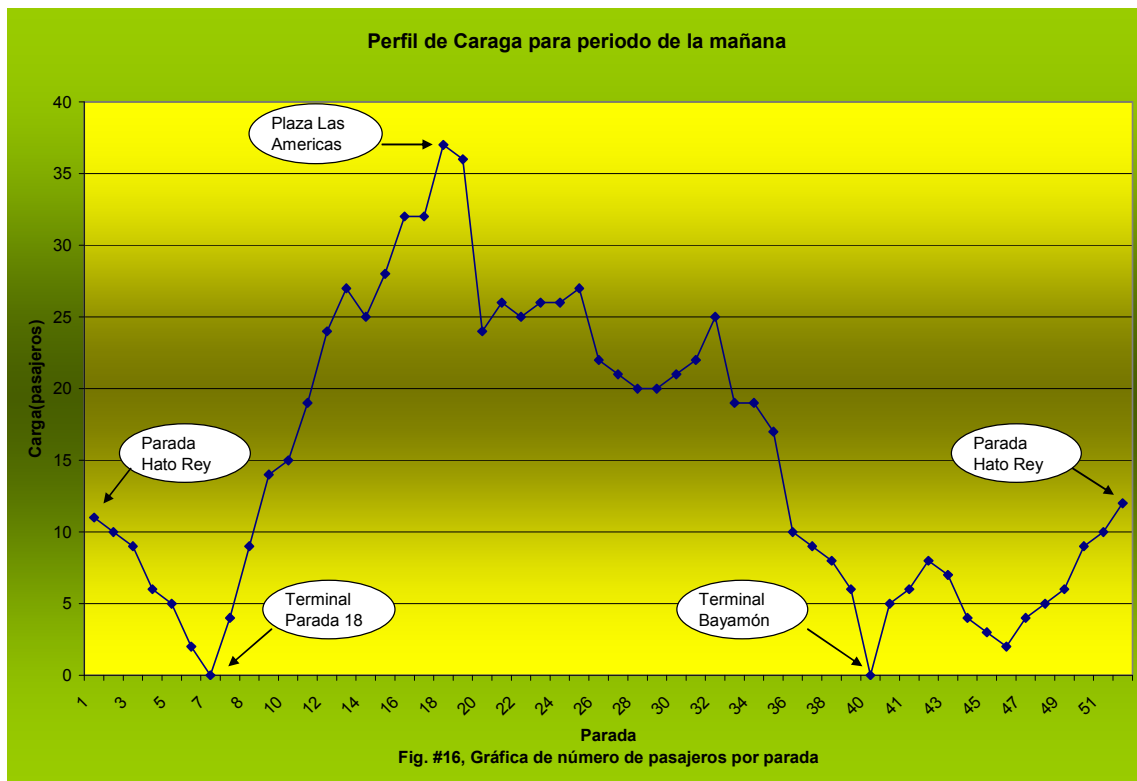
Fig. #14, Gráfica de número de pasajeros por parada

12 de enero de 2006		
Por la tarde		
Average	15.16667	
Máximo	37	
Área para pasajeros parados	17.86813	Para promedio
Área para pasajeros parados	7.324324	Para máximo

Fig. #15, Tabla de número de pasajeros por área de carga

Nivel de servicio promedio- A

Nivel de servicio máximo - C



25 de marzo de 2006					
Por la mañana			Por la tarde		
Average	24.82857		Average	34.26471	
Máximo	44		Máximo	55	
Área para pasajeros parados	10.91484	Para promedio	Área para pasajeros parados	7.909013	Para promedio
Área para pasajeros parados	6.159091	Para máximo	Área para pasajeros parados	4.927273	Para máximo

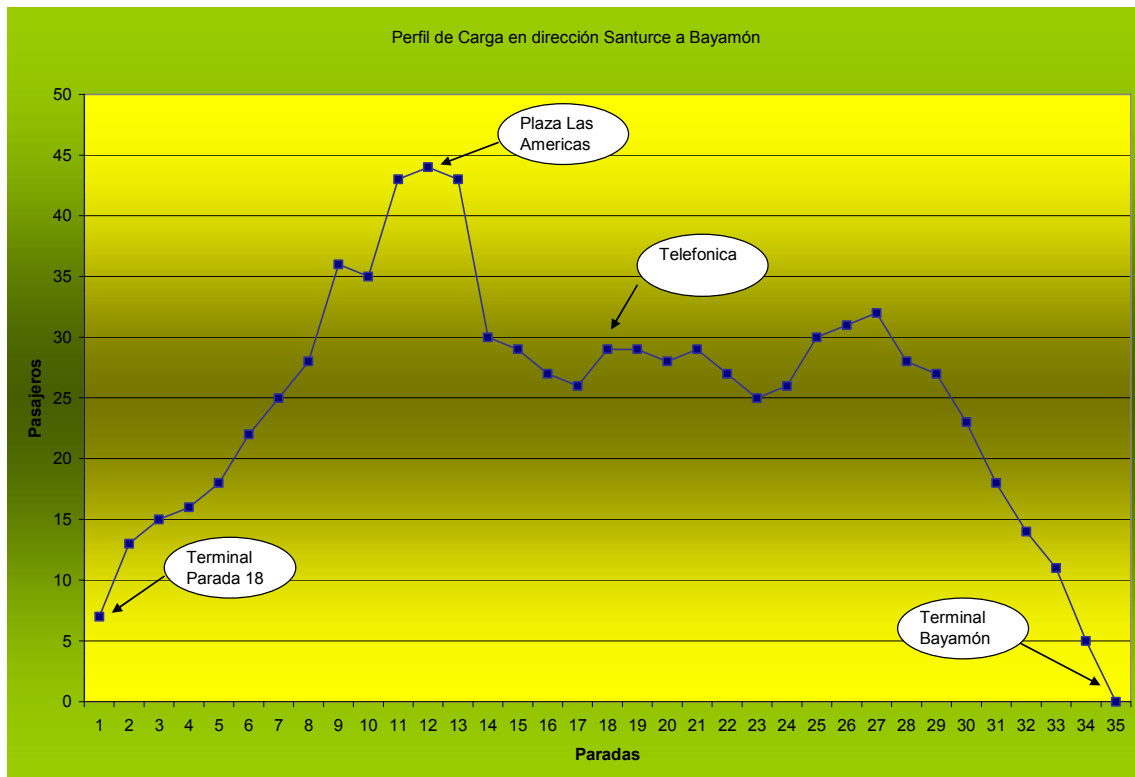
Fig. #17, Tabla de número de pasajeros por área de carga

Nivel de servicio promedio- A

Nivel de servicio promedio- C

Nivel de servicio máximo - C

Nivel de servicio máximo - D



Perfil de carga de Bayamon a Santurce

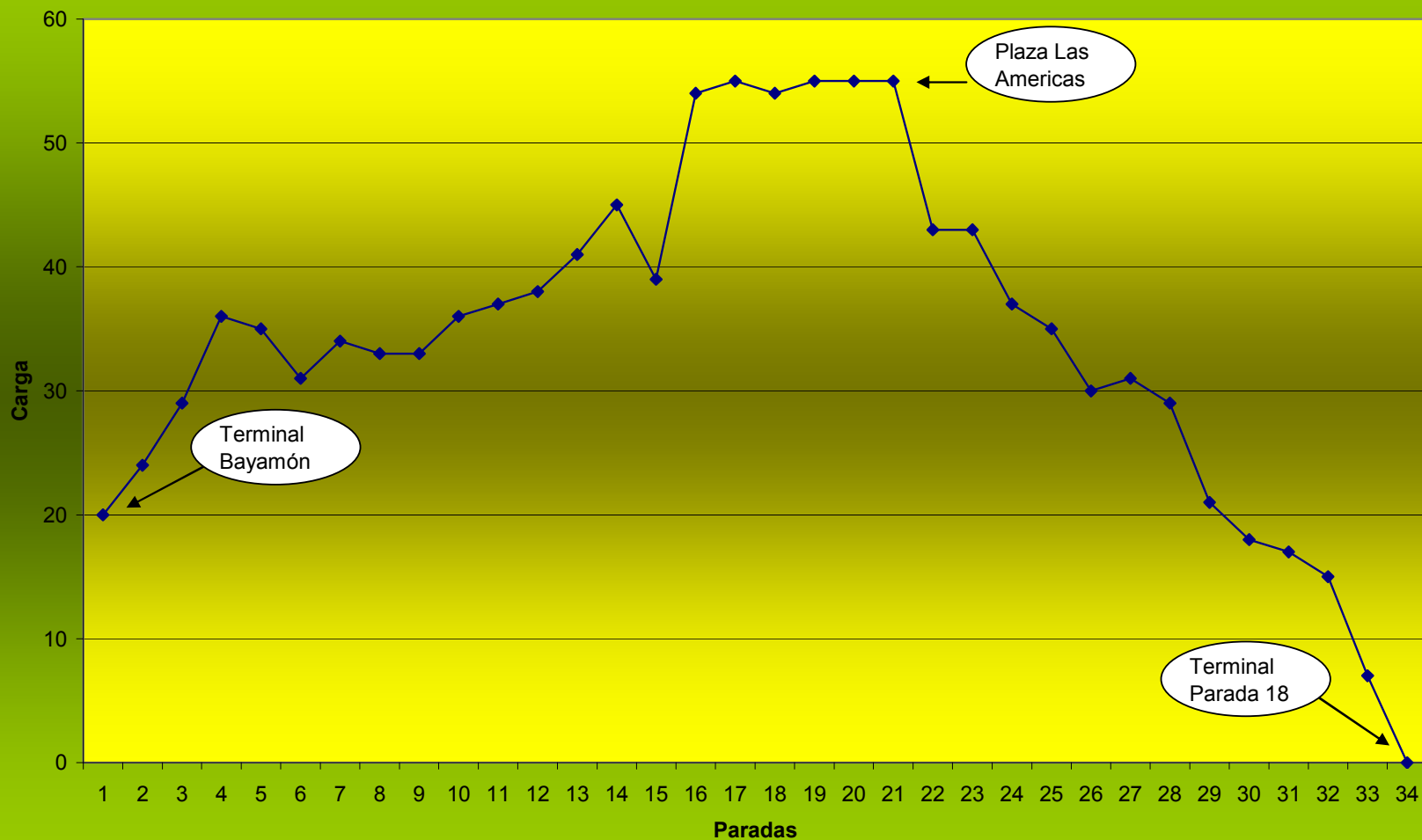


Fig. #18, Gráfica de número de pasajeros por parada

Tiempo de retraso

14 de febrero de 2006					
Terminal Bayamón			Periodo de 4:30 AM a 10:00 PM		
Guaguas de M2 que llegaron al terminal				96	
Guaguas atrasadas				72	
Guaguas a tiempo				24	25 %

Fig. #19, Tabla con porcentaje de autobuses atrasados

Nivel servicio - F

14 de febrero de 2006					
Terminal Santurce			Periodo de 4:30 AM a 10:00 PM		
Guaguas de M2 que llegaron al terminal				94	
Guaguas atrasadas				76	
Guaguas a tiempo				18	19.14894 %

Fig. #20, Tabla con porcentaje de autobuses atrasados

Nivel servicio - F

15 de febrero de 2006					
Terminal Bayamon			Periodo de 4:30 AM a 10:00 PM		
Guaguas de M2 que llegaron al terminal				91	
Guaguas atrasadas				55	
Guaguas a tiempo				36	39.56044 %

Fig. #20, Tabla con porcentaje de autobuses atrasados

Nivel servicio - F

15 de febrero de 2006					
Terminal Santurce			Periodo de 4:30 AM a 10:00 PM		
Guaguas de M2 que llegaron al terminal				94	
Guaguas atrasadas				64	
Guaguas a tiempo				30	31.91489 %

Fig. #20, Tabla con porcentaje de autobuses atrasados

Nivel servicio - F

16 de febrero de 2006					
Terminal Bayamon			Periodo de 4:30 AM a 10:00 PM		
Guaguas de M2 que llegaron al terminal				95	
Guaguas atrasadas				68	
Guaguas a tiempo				27	28.42105%

Fig. #21, Tabla con porcentaje de autobuses atrasados

Nivel servicio - F

16 de febrero de 2006					
Terminal Santurce			Periodo de 4:30 AM a 10:00 PM		
Guaguas de M2 que llegaron al terminal				95	
Guaguas atrasadas				80	
Guaguas a tiempo				15	15.78947 %

Fig. #21, Tabla con porcentaje de autobuses atrasados

Nivel servicio - F

LOS	On-Time Percentage	Comments*
A	95.0-100.0%	1 late transit vehicle every 2 weeks (no transfer)
B	90.0-94.9%	1 late transit vehicle every week (no transfer)
C	85.0-89.9%	3 late transit vehicles every 2 weeks (no transfer)
D	80.0-84.9%	2 late transit vehicles every week (no transfer)
E	75.0-79.9%	1 late transit vehicle every day (with a transfer)
F	<75.0%	1 late transit vehicle at least daily (with a transfer)

Fig. #22, Tabla de niveles de servicio del TCRP

Variabilidad Intervalos

17 de noviembre de 2005 periodo de la mañana

Headway	10 minutos
---------	------------

Intervalo	Headway deviation
50.26666667	40.26666667
1.7	-8.3
14.08333333	4.083333333
14.95	4.95
6.183333333	-3.816666667
4.566666667	-5.433333333
-0.166666667	-10.16666667
43.28333333	33.28333333
0.266666667	-9.733333333
15.7	5.7
1.733333333	-8.266666667
14.38333333	4.383333333
7.7	-2.3
7.266666667	-2.733333333
38.51666667	28.51666667
2.266666667	-7.733333333
15.76666667	5.766666667
2.366666667	-7.633333333
21.58333333	11.58333333
11.51666667	1.516666667
0.25	-9.75
17.23333333	7.233333333
7.516666667	-2.483333333
4.483333333	-5.516666667
42.31666667	32.31666667

Std Deviation		14.687
Cvh	1.4687	

Fig. #23, Tabla de variabilidad de frecuencias

Nivel servicio- F

17 de noviembre de 2005 periodo de la tarde

Headway	10 minutos
---------	------------

	Intervalo (min)	headway deviation
	19.3	9.3
	1.83333	8.166666667
	0.26667	9.733333333
	33.1	23.1
	23	13
	9.95	-0.05
	0.11667	9.883333333
	27.2833	17.28333333
	ST deviation	13.066
	Cvh	1.3066

Fig. #24, Tabla de variabilidad de frecuencias

Nivel servicio – F

7 de febrero de 2006, periodo de la tarde

Headway	10 min
---------	--------

Intervalo(min)	Headway deviation			
10.51666667	0.516666667		Std dev	4.589510988
3.5	-6.5			
1.883333333	-8.116666667		Cvh	0.458951099

Fig. #25, Tabla de variabilidad de frecuencias

Nivel servicio –D

LOS	Cvh	P (h _i > 0.5 h)	Comments
A	0.00-0.21	≤1%	Service provided like clockwork
B	0.22-0.30	≤10%	Vehicles slightly off headway
C	0.31-0.39	≤20%	Vehicles often off headway
D	0.40-0.52	≤33%	Irregular headways, with some
E	0.53-0.74	≤50%	Frequent bunching
F	≥0.75	>50%	Most vehicles bunched

Fig. #26, Tabla de niveles de servicio del TCRP

Tiempo de viaje en automóvil vs. autobús

LOS	Travel Time Difference (min)	Comments
A	≤0	Faster by transit than by automobile
B	1-15	About as fast by transit as by automobile
C	16-30	Tolerable for choice riders
D	31-45	Round-trip at least an hour longer by transit
E	46-60	Tedious for all riders; may be best possible in small cities
F	>60	Unacceptable to most riders

Fig. #27, Tabla de niveles de servicio del TCRP

Jueves 12 de enero de 2006		
Guagua:	MetroBus II	
Hora de salida:	9:20	AM
Hora de llegada:	10:36	AM
Tiempo de recorrido	1:16	hr
	76	min
Tiempo en auto promedio	40	min
Diferencia entre viajes	36	min

Fig. #28, Tabla de diferencia en tiempos de viaje

Nivel de servicio – D

17 de noviembre de 2005

Pasajeros en la guagua =			26			
Recorrido Completo - Hato Rey @ Parada 18 @ Bayamón @ Hato Rey						
Hora comienzo		7:24am				
Hora final		9:41am				
De Hato Rey @ Parada 18						
Hora comienzo		7:24am				
Hora final		7:36am				
De Parada 18 @ Bayamón						
Hora comienzo		7:38am				
Hora final		8:35am				
De Bayamón @ Hato Rey						
Hora comienzo		8:47am				
Hora final		9:41am				
Tiempo en terminal Parada 18			2min			
Tiempo en terminal Bayamón			12min			
De Parada 18 @ Bayamón						
Hora comienzo		2:59pm				
Hora final		4:22pm				
Tiempo de viaje = 137 min						

Fig. #29, Tabla de diferencia en tiempos de viaje

Tiempo promedio en automóvil- 80 min

Diferencia entre viajes = 57 min

Nivel de servicio – E

Pasajeros en la guagua =			36		
Recorrido Completo - Hato Rey @ Parada 18 @ Bayamón @ Hato Rey					
Hora comienzo		2:29pm			
Hora final		4:22pm			
De Hato Rey @ Parada 18					
Hora comienzo		2:29pm			
Hora final		2:41pm			
Tiempo en el terminal			18min		
De Parada 18 @ Bayamón					
Hora comienzo		2:59pm			
Hora final		4:22pm			
Tiempo de viaje = 113 min					

Fig. #30, Tabla de diferencia en tiempos de viaje

Tiempo promedio en automóvil- 80 min

Diferencia entre viajes = 33 min

Nivel de servicio – D

25 de marzo de 2006		
Guagua:	M2	
Hora de salida:	12:07	PM
Hora de llegada:	1:01	PM
Tiempo de recorrido	54	min
Tiempo en auto promedio	40	min
Diferencia entre viajes	14	min

Fig. #31, Tabla de diferencia en tiempos de viaje

Nivel de servicio – B

25 de marzo de 2006		
Guagua:	M2	
Hora de salida:	1:21	PM
Hora de llegada:	2:16	PM
Tiempo de recorrido	55	min
Tiempo en auto promedio	40	min
Diferencia entre viajes	15	min

Fig. #32, Tabla de diferencia en tiempos de viaje

Nivel de servicio – B

Diagrama espacio vs. tiempo

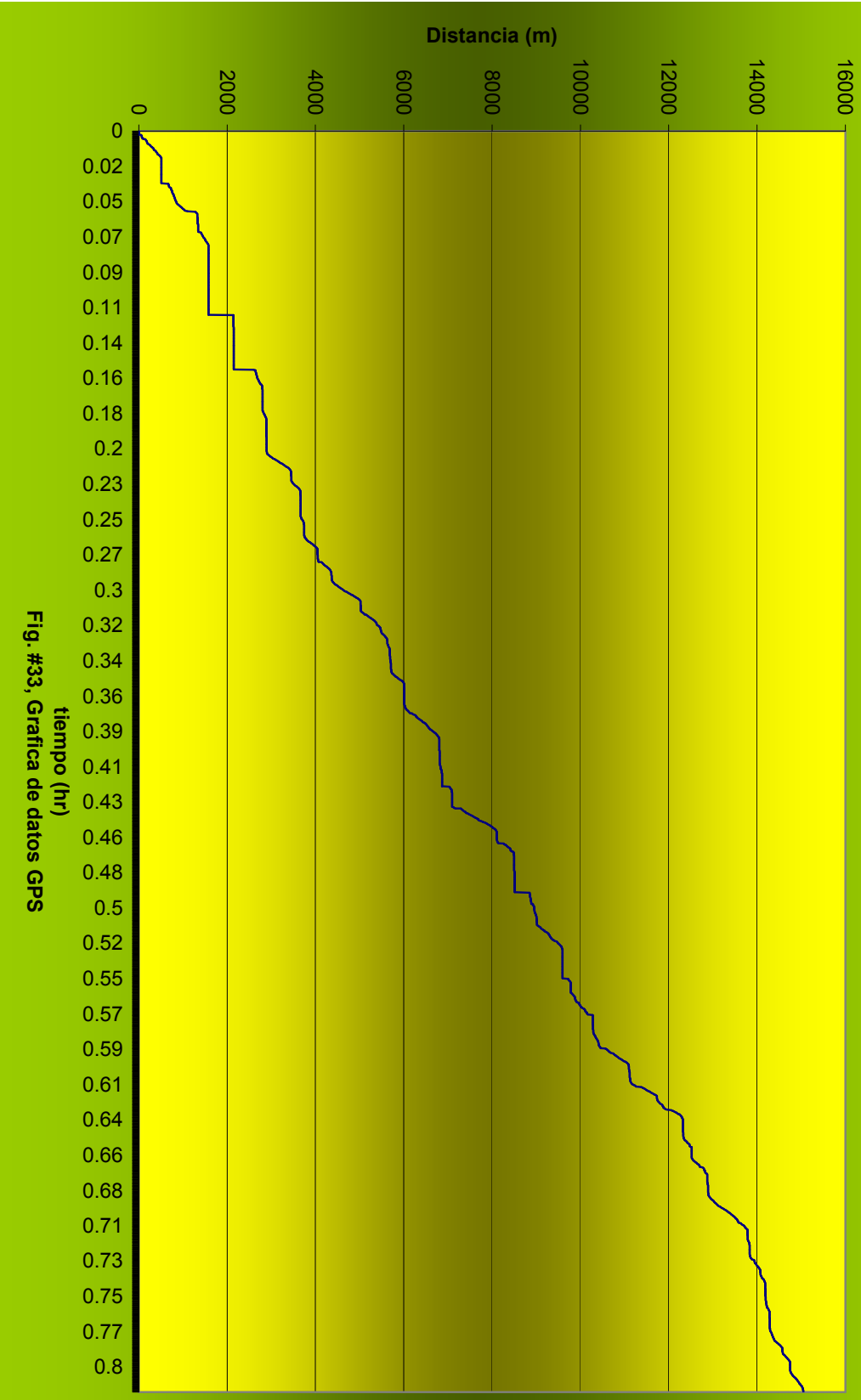


Fig. #33, Grafica de datos GPS

Métodos de obtención de datos

Los resultados mostrados en la sección anterior fueron obtenidos por varios métodos. Para poder realizar los cálculos de frecuencias se realizaron “point checks” los cuales implican localizarse en una parada de la ruta a ser estudiada y verificar cuantos autobuses pasan durante un determinado periodo de tiempo. Para medidas de comodidad y espacio en las guaguas se realizaron “ride checks”. Estos consisten en realizar un viaje en un autobús de la ruta a ser estudiada, para obtener números de pasajeros en los diferentes puntos de recogida de pasajeros.



Fig. #34, Fotografía autobús ruta M2

Para lograr obtener los tiempos de retraso de los autobuses en la ruta de M2 se contacto al Sr. Luís Cruz, Planificador y Ayudante Especial del Presidente de AMA, el cual nos brindo los registros que se llenan en los terminales los cuales contienen los

tiempos de llegada y salida actuales de las guaguas a la misma vez que tienen los horarios específicos establecidos por AMA para que los autobuses lleguen y salgan de los terminales. Para los datos del GPS-AVL, estos iban a ser provistos por AMA, pero luego de un sinnúmero de intentos de conseguir la data, la misma nunca fue provista. Para conseguir estos datos se utilizo un GPS propio con un software que almacenada los datos que este artefacto recibía. Por medio de esto obtuvimos datos de distancia, velocidad, latitudes, longitudes y tiempo.



Fig. #35, Fotografía GPS en autobús M2

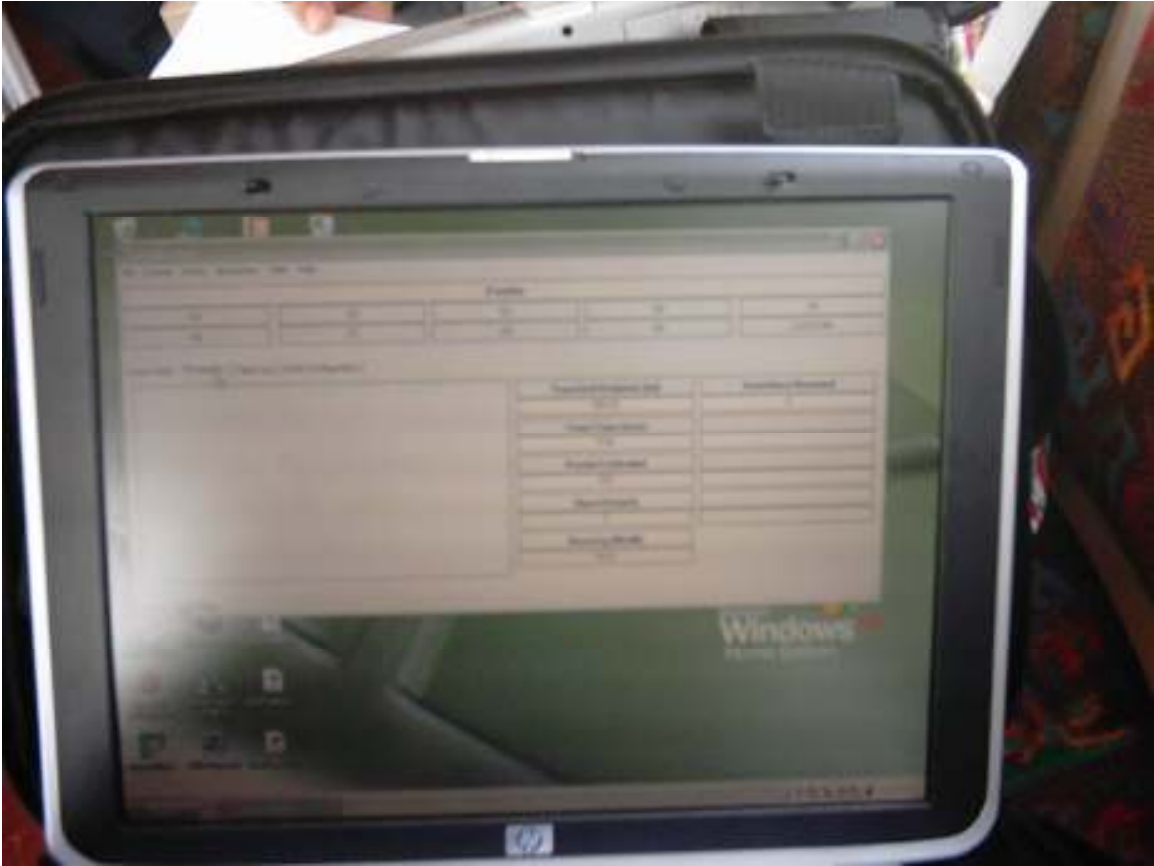


Fig. #36, Fotografía datos recibidos del GPS

Para obtener variabilidad de frecuencias se realizaron “point checks”, pero para este caso se obtuvo el tiempo de llegada y salida de cada una de los autobuses que pasaron por la parada de estudio. Por ultimo para obtener tiempos de viaje se realizaron “ride checks”.

Resultados

Frecuencias

De los resultados obtenidos para frecuencias se obtuvieron las siguientes conclusiones. Para un día típico de semana durante el periodo de la hora pico de la mañana (17 de noviembre de 2005), se obtuvo un nivel de servicio de C lo cual implica que los usuarios tuvieron que esperar el tiempo límite que ellos esperarían por el servicio. Este nivel de servicio esta muy cerca de crear que los usuarios que usan los autobuses como opción secundaria dejen de utilizar el servicio. Para este mismo día pero durante el periodo de la hora pico de la tarde se obtuvo un nivel de servicio de B. Para este nivel el servicio es frecuente y el usuario no enfrenta muchos problemas con el mismo. Para otro día típico (7 de febrero de 2006), durante el periodo de la hora pico de la tarde se obtuvo un nivel de servicio de D. Esto implica que el servicio ya no es atractivo para usuarios que utilizan el sistema como método alternativo de transporte.

Como se puede observar se pueden obtener niveles de servicio diferentes para el mismo periodo del día pero para días diferentes. Esto se debe a que las frecuencias son un promedio de las frecuencias individuales de cada autobús que pasa durante el periodo estudiado. Esto implica que por ejemplo de 10 autobuses que pasaron 5 pasaron en un tiempo razonable mientras que los otros 5 sufrieron demoras. Aun así el nivel de servicio para este caso sería uno satisfactorio para el usuario. Pero la realidad es que solo fue satisfactorio para la mitad de los usuarios. Para resolver este problema se pueden obtener niveles de servicio de acuerdo a las frecuencias individuales de los autobuses. Esto se logra tomando en cuenta que AMA establece que el intervalo o “headway” entre autobuses no debe pasar de 10 minutos. Basado en estos obtuvimos que para el 17 de noviembre de 2005 tanto para el periodo de la mañana como para el de la tarde la variación en frecuencias resultó en un nivel de servicio de F. Esto implica que la gran mayoría de los autobuses sufrieron el fenómeno conocido como “bunching”. Este fenómeno causa que más de un vehículo llegue a la misma vez a una misma parada. Esto implica que el “headway” de un vehículo se acumula y por lo tanto otro vehículo llegará tarde. Para el 7 de febrero de 2006 se obtuvo un nivel de servicio de D lo que implica que algunas guaguas tendrán “headways” irregulares.

Horas de servicio

La ruta de Metrobus II opera un total de 17.5 horas al día, 7 días a la semana. Esto implica que esta ruta cumple con un nivel de servicio de B lo cual implica que el servicio es bueno y se provee hasta entrada la noche.

Comodidad

El parámetro de comodidad es medido por medio de la carga que lleva el autobús y el espacio provisto por el mismo para los pasajeros. Se obtuvieron niveles de servicio para la carga máxima en un viaje y para el promedio de todas las cargas por parada. Para el 17 de noviembre de 2005 se obtuvieron niveles de servicio de tanto para la hora pico de la mañana como la de la tarde. Los niveles de servicio van en el renglón de B, C, D y E. Esto implica que los pasajeros tuvieron periodos en que tenían espacio suficiente para decidir donde sentarse y en otros momentos la carga llego a su punto máximo donde la guagua iba llena. Los niveles de servicio más bajos se obtuvieron para el periodo de la tarde cuando las personas utilizan más este servicio debido a que las personas salen de trabajar y los estudiantes salen de las escuelas. Para el día 12 de enero de 2006 se obtuvieron niveles de servicio de A y C para el periodo de la mañana lo que implica que los pasajeros iban con espacio suficiente para que todos se sentaran. Por ultimo, para el día 25 de marzo se obtuvieron niveles de servicio de A, C y D. Esto implica que los pasajeros tuvieron periodos en los que había espacio suficiente para que todos fueran sentados y luego la carga aumento hasta que todo el espacio de la guagua fue ocupado. Durante el periodo de la tarde la comodidad se vio mas afectada que por la mañana.



Fig. #37, Fotografía carga en hora cercana a pico para autobús ruta M2



Fig. #38, Fotografía área de para pasajeros en autobús ruta M2

Tiempo de retraso

El tiempo de retraso es medido con respecto a cuantas unidades se atrasan por día o semana. Para esto se utilizaron los registros de terminales en los que se verifica si las unidades llegan a una hora preestablecida por AMA. Un autobús se considera atrasado si se adelanta o atrasa por más de 5 minutos de su itinerario. Los registros que se consiguieron constan de los días 14 a 16 de febrero de 2006 tanto para el terminal de la Parada 18 como para el terminal de Bayamón. Para todos los días analizados y para ambos terminales, todos los niveles de servicio fueron D F. Esto implica que menos de un 75% de los autobuses llegaban a tiempo con su itinerario causando por lo menos un vehículo atrasado por día.

Tiempo de viaje

Para obtener niveles de servicio con respecto a tiempo de viajes, se comparo el tiempo que le toma al autobús en completar un viaje vs. el tiempo que toma realizar el mismo viaje por automóvil. Para todos los viajes realizados el tiempo de viaje fue mayor por autobús que por automóvil. Para el 12 de enero de 2006 el viaje en autobús se tardo 36 minutos más que el viaje por automóvil lo que causo un nivel de servicio de D. Esto implica que un viaje completo de ida y vuelta se tarda 1 hora más que por automóvil. Esto causa que los usuarios pierdan el interés en el servicio. Para el 17 de noviembre de 2005 se obtuvo un nivel de servicio de D para el periodo de la mañana mientras que para el periodo de la tarde se obtuvo un nivel de servicio de E. Esto implica que ya el viaje se hace tedioso para los usuarios y una ruta como esta seria mejor para ciudades más pequeñas. Por ultimo para el día 25 de marzo de 2006 se obtuvieron niveles de servicio de B para el periodo de la mañana como para el de la tarde. Esto implica que el viaje en autobús es casi tan rápido como por automóvil. Este nivel de servicio resulto ser mejor que para los otros días debido a que este día fue un sábado y el tráfico no es tan pesado como un día típico de semana.

De los resultados obtenidos se puede observar que en general el servicio de AMA no es tan satisfactorio como debería ser, en específico con sus frecuencias, cumplimiento de itinerario, comodidad y tiempo de viaje. Esto causa que los usuarios que usan el

sistema como método secundario de transporte busquen otras alternativas para transportarse y que los usuarios que no tienen otros métodos de transporte tengan que verse afectados en sus rutinas diarias debido a atrasos en el sistema. Básicamente el usuario está muy descontento con el servicio y solo lo utilizan los que tienen la necesidad de utilizarlo. AMA también sirve como alimentador del Tren Urbano, pero debido a lo que los resultados obtenidos demuestran son pocas las personas que utilizan este servicio para utilizar el tren. Solo alrededor de un 1% de los pasajeros de AMA utilizan los autobuses como método de transferencia hacia el tren. AMA, según los resultados obtenidos, debe buscar métodos para mejorar su servicio sobre todo en las áreas para mantener al usuario informado. A continuación se ofrecen una serie de alternativas para mejorar los niveles de servicio que se encontraron defectuosos.

Recomendaciones de alternativas ITS

Basado en los resultados obtenidos se ofrecerán una serie de tecnologías de ITS que ayudan tanto a mejorar niveles de servicio como a aumentar el patrocinio del servicio ya que muchas de estas aplicaciones permiten mantener al usuario estar al tanto de lo que esta ocurriendo en su ruta. A continuación se presenta las diferentes tecnologías encontradas y los beneficios que estas proveen al sistema.

- *GPS-AVL* – Este sistema consiste del uso de GPS en vehículos, una red de comunicación entre el vehiculo y el despachador y un software para codificar la información al despachador de manera que sea fácil acceder y de entender.

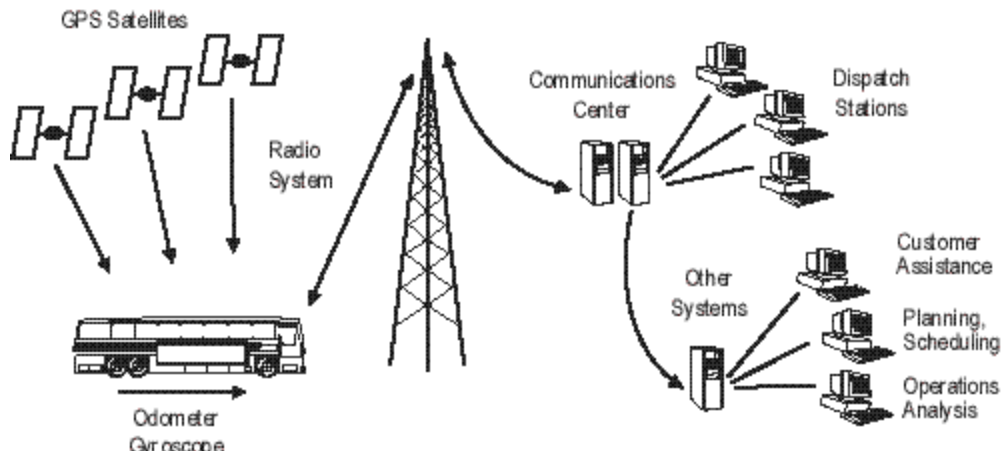


Fig. #39, diagrama del funcionamiento de sistema de GPS-AVL

Actualmente AMA cuenta con un sistema GPS-AVL. Este sistema esta instalado en todas las unidades de AMA incluyendo las unidades de Metrobus II, el Programa Llame y Viaje, Ruta Regular y Unidades de Apoyo. En total son unas 387 unidades que tienen el sistema instalado. Este sistema permite saber la localización a tiempo real de todas estas unidades. Esto se logra por medio de la codificación de la información obtenida del GPS-AVL con los softwares Sky Call y SkyMaster AVL Locator v6.2 SE. Este software permite ver las unidades en un mapa electrónico a tiempo real. En este mapa también se puede observar la localización del vehículo con respecto a latitudes y longitudes, dirección con respecto a ángulos, velocidades en millas por hora, el pueblo y

la calle en donde se encuentra e información sobre el cumplimiento de itinerarios de las unidades.



Fig. #40, Fotografía de mapa electrónico del sistema GPS-AVL de AMA

El uso de este sistema se limita a atender emergencias que los autobuses sufran y en contactar a las unidades más cercanas en caso que haya que buscar un pasajero del Programa Llame y Viaje. Esto logra una optimización en el sistema ya que estos servicios se brindan de manera más rápida y eficiente, pero la optimización es a pequeña escala ya que el servicio mas utilizado de esta agencia no se ve beneficiado por esta tecnología que seria Ruta Regular.

Beneficios del GPS-AVL:

- Mejoras en el cumplimiento del horario
- Mejoras en la coordinación de transferencias
- Mejora la habilidad de los despachadores para controlar las operaciones de los autobuses
- Facilita los ajustes del servicio en las calles
- Aumenta la exactitud en itinerarios, monitoreo y supervisión
- Monitoreo eficaz de autobuses fuera de ruta
- Elimina la necesidad de supervisores en la calle
- Reduce la entrada manual de data
- Monitoreo del trabajo del conductor
- Disminuye el numero de quejas por parte de operadores y usuarios

AMA puede implantar las siguientes opciones en conjunto al sistema de GPS-AVL:

- *Software automatizado de envío de data* - software especializado en el área de la transportación. El mismo se utiliza para manejos de eventos con las unidades, manejo de la información personal de los empleados y para el manejo de información sobre incidentes. Este tipo de software permite tener una base de datos con la información de todos los empleados de la agencia, nombre del chofer que esta guiando una unidad en específico, información sobre incidentes con las unidades, etc. Estos softwares pueden asistir a las agencias de tránsito en la ejecución de un sinnúmero de funciones. Estos softwares ayudan a los despachadores del autobús en la fabricación de ajustes a tiempo real del servicio (cuando el servicio comienza a deteriorarse) y en realizar respuesta a incidentes y a emergencias en el vehículo. Los softwares dan la oportunidad de hacer llamadas de los operadores del vehículo a los despachadores y automáticamente recibir e imprimir informes de AVL y otra información deseada por el operador. El software puede proporcionar datos para

coordinar la transferencia intermodal de pasajeros a partir de un vehículo a otro donde distintos servicios de transportación se intersecan. Los softwares pueden calcular si la prioridad de la señal de tráfico se debe solicitar basado en el cumplimiento del itinerario y, en conceptos más avanzados, como el factor de la carga del autobús (si un contador automático de pasajeros brinda información a tiempo real).

- *Alarma de emergencia*- botón que los chóferes oprimen solo en caso de una emergencia real como un asalto, actitud violenta de algún usuario, etc. Cuando el botón se oprime la señal llega solo al centro de comunicaciones y de aquí se procede a encender unos micrófonos dentro de la unidad para escuchar que es lo que está ocurriendo y determinar el tipo de emergencia que es. Esto se hace con el propósito de que ningún usuario se entere de que se está notificando al centro de control de que hay una emergencia. Luego de determinar cuál es el tipo de emergencia el centro de comunicaciones procede a comunicarse con las autoridades pertinentes. El GPS-AVL permite saber la localización del vehículo para que las autoridades actúen de manera más rápida.
- *Terminales móviles de datos* - Un terminal móvil de los datos (MDT) es un dispositivo dentro del vehículo con una pantalla pequeña para exhibir mensajes y hora, más una serie de botones para enviar mensajes al centro del envío. Los MDT son los métodos primarios de comunicación entre los operadores y los despachadores. Generalmente en los vehículos equipados con AVL, el MDT tiene la capacidad de calcular la localización del vehículo, compara la localización y el tiempo con respecto al itinerario del autobús. Todo esto se puede exhibir en la pantalla. Esta combinación comúnmente se llama la unidad de lógica del vehículo. MDT también se utilizan para coordinar transferencias del vehículo -a- vehículo de los pasajeros que desean transferirse a otras rutas o métodos alternos de transportación. MDT permite que los operadores del vehículo coordinen

las transferencias directamente, sin la implicación del despachador. La coordinación de la conexión puede ser una consideración importante para la satisfacción de cliente. MDT también son útiles para proveer información sobre rutas y para enviar mensajes a vehículos con respuesta a demanda.



Fig. #40, Fotografía de un MDT

- *Información a tiempo real para el pasajero* - Hay varios tipos de información para el pasajero y métodos de entrega. La información se puede proporcionar a los clientes antes de que comience su viaje o después de que están a bordo del vehículo. En general, ambos métodos de informar al usuario son utilizados ampliamente. Sin embargo los sistemas de información de pre-viaje se han desplegado más ampliamente que los sistemas de información dentro del vehículo. Los últimos alcanzaron solamente un despliegue limitado. Las posibles razones de la carencia del

mayor despliegue de información dentro de los vehículos es que no son tan esenciales y pueden tener costos adicionales en la tarifa del usuario. La información de pre-viaje puede consistir en rutas, mapas, itinerarios, precios, métodos de pago, y localización de terminales. La información puede incluir llegadas a tiempo real de los vehículos y los itinerarios ajustados de los mismos. Los dispositivos por los que esta información se puede obtener incluyen el teléfono, Internet, teléfonos celulares, agendas digitales, y la televisión por cable (TV). Dependiendo de su localización, los quioscos también podrían proporcionar información de pre-viaje. La información de pre-viajes es constante y más exacta que la retransmitida por los operadores. La información a tiempo real, reduce la ansiedad del uso del transporte colectivo y es particularmente importante para rutas con intervalos y frecuencias grandes. La información a tiempo real de la llegada de un vehículo permite que los pasajeros tengan una medida aproximada del tiempo que se tardan los autobuses en llegar, de tal modo que puedan reducir el tiempo de espera y exposición a elementos criminales. Información de la ruta tal como tiempos de llegada del vehículo (programados o actuales) se puede proporcionar por medio de pizarras electrónicas, monitores, y los kioscos. Las pizarras electrónicas y los monitores se colocan generalmente en paradas o en los centros de transferencia. Los kioscos se colocan generalmente en los centros en los que ocurre actividad importante y que son provistos por el servicio. El beneficio principal de artefactos como estos es que eliminan la incertidumbre de la espera lo que hace que los pasajeros se sientan más cómodos y esto puede aumentar el patrocinio del servicio.

- *Conteo automático de pasajeros* - es un sistema de conteo de pasajeros por medio de sensores en las puertas del vehículo, un GPS y una microcomputadora en la unidad. Cuando las personas entran y salen del vehículo el sensor las detecta y envía la información por medio del sistema GPS al centro de comunicaciones. Los contadores automáticos de

pasajeros (APC) son los dispositivos que recogen información de cuantos pasajeros suben y bajan. Los APC tiene tres componentes básicos: (1) contar cada pasajero que sube y que desembarca, (2) una tecnología capaz de determinar la localización del vehículo cuando el pasajero sube o baja de autobús y (3) un sistema de generación de datos capaz de transmitir los datos en tiempo real o de almacenar los datos para una transferencia futura. Los contadores son generalmente se colocan en las escaleras como alfombras o como detectores infrarrojos proyectados horizontalmente o verticalmente en cada puerta.

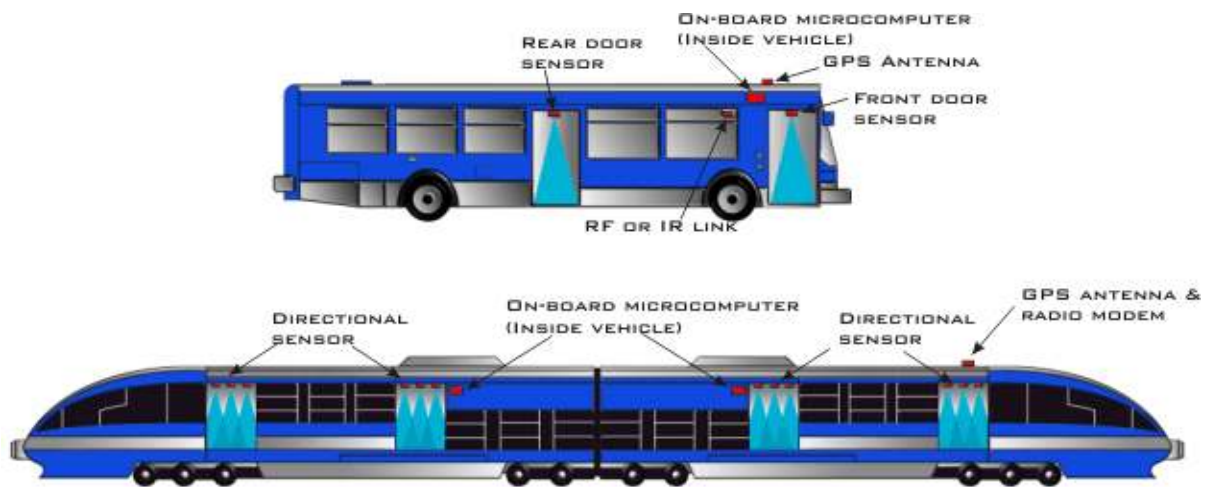


Fig #41, Ilustración del sistema APC en autobuses y trenes cortesía de INFODEV.

- *Sistemas electrónicos de pago* - Los sistemas electrónicos de pago se dividen en dos tipos (1) los que utilizan tarjetas magnéticas y (2) los que utilicen tarjetas inteligentes. “Fareboxes” que cuentan y exhiben el valor de las monedas o del símbolo depositado no se considera como tecnología ITS. Las tarjetas magnéticas requieren un contacto entre la tarjeta y un dispositivo que valide la tarjeta para el viaje tomado o un dispositivo de lectura/grabación que pueda deducir el precio del valor almacenado en la tarjeta y restablezca el equilibrio restante. Una tarjeta inteligente que contiene un microprocesador puede interconectarse con el dispositivo por

contacto directo o por radiofrecuencia. Las tarjetas inteligentes tienen mayor seguridad, mayor confiabilidad, y están mejor protegidas de fraude que las tarjetas magnéticas, pero son más costosas.



Fig. #42, Fotografía de sistemas de pago electronicos

- *Anuncio por medio de voz de paradas* - Este utilizara el sistema de GPS-AVL para anunciar cual será la próxima parada por medio de un mensaje de voz. Este sistema es algo similar al anuncio que se hace en el Tren Urbano al aproximarse a una estación. Esto se hace con el propósito de cumplir con ADA para que las personas no videntes sepan a que parada se están aproximando. El anuncio se hará tanto dentro de la unidad como fuera de la unidad.
- *Pantallas electrónicas* - Las pantallas electrónicas relevan al operador de tener que anunciar paradas, según los requisitos del *Americans with Disabilities Act*. Estos dispositivos proveen a los pasajeros una mejor información, pues no todos los operadores anuncian paradas, e incluso cuando lo hacen pueden ser difíciles de escuchar. Además, las pantallas electrónicas ayudan a que pasajeros con problemas de visión puedan saber

en que parada están. Además permiten que los operadores conduzcan más con seguridad ya que se pueden concentrar más en conducir sin tener que hacer avisos. Las pantallas electrónicas se ponen generalmente en lugares bastante visibles dentro del vehículo. Estas pantallas también pueden colocarse en los terminales y en las paradas para mostrar tiempos aproximados de espera, mostrar mensajes si alguna guagua esta atrasada o si a sufrido algún desperfecto que afecte su itinerario.



Fig. #43, Fotografía pantalla electrónica en parada



Fig. #44, Fotografía pantalla electrónica en parada

- *Monitoreo de vehículos* - El monitoreo del vehículo proporciona la información sobre la condición de ciertos componentes del vehículo al centro de comunicaciones y al departamento de mantenimiento de la

agencia. Esta información se adquiere a través de los sensores conectados con los componentes que se quieren supervisar. Los artículos supervisados con frecuencia incluyen temperatura del motor, la presión del aceite, frenos, y la presión del neumático. La información de diagnóstico se puede retransmitir al centro de comunicaciones y/o al departamento de mantenimiento a tiempo real. Esto permite que un vehículo sea puesto fuera de servicio inmediatamente si el problema es severo.

- *Cámaras de vigilancia* - Estas cámaras pueden capturar a los individuos que causan incidentes y pueden desalentar actividad criminal. Las cámaras también se han utilizado para comprobar la validez de las demandas hechas por personas que alegaban haber sido agredidas corporalmente estando dentro de los vehículos. Las imágenes se pueden almacenar en el vehículo para luego ser transferidas a una base de datos, o retransmitir a tiempo real.



Fig. #44, Fotografía cámara de vigilancia

- *Tratamiento preferencial de la señal de tráfico* - La prioridad de la señal de tráfico permite que los vehículos progresen a lo largo de sus rutas con menos retraso ya que las intersecciones por las que pasan están equipadas con receptores y reguladores especializados. Un vehículo que acerca a una intersección señalada transmite una señal al regulador de la señal de tráfico. Dependiendo de la fase de la señal de tráfico el regulador concede una extensión de la fase verde hasta que el vehículo pasa. La señal del vehículo al regulador de la señal de tráfico se puede enviar manualmente o automáticamente si el vehículo tiene GPS-AVL. Otro método de prioridad de tránsito es proporcionar un carril exclusivo en la intersección y dar a ese carril la fase verde anticipada de modo que los vehículos puedan adelantarse al tráfico.



Fig. #45, fotografía de sistema de trato preferencial en señal de tráfico

Estimado de costos de tecnologías que deberían ser implantadas a la ruta M2

Estimado de costos de tecnologías que deben ser implantadas en conjunto al GPS-AVL para ruta M2				
Tecnología		Costo por unidad (\$)	Unidades	Costo total (\$)
Software para monitoreo de operaciones		1048.69	17	17827.72
Terminales móviles de datos		3,600	17	61200.00
Cámaras de vigilancia		40	17	680.00
Conteo automático de pasajeros		2,500	17	42500.00
Línea telefónica de información		50000	1	50000.00
Información vía Internet		25000	1	25000.00
Kioscos de información		5000	2	10000.00
Prioridad en la señal de tráfico		250	17	4250.00
Sistema de pago electrónico		6000	17	102000.00
		Costo total de tecnologías implantadas en M2		313457.72

Fig. #46, tabla estimado de costos

Conclusiones y Recomendaciones

Basado en los resultados obtenidos se entiende que los niveles de servicio que AMA ofrece a sus usuarios no cumplen con las expectativas de los usuarios. Los usuarios se enfrentan a atrasos constantes en sus rutas, tiempos de espera excesivos, poca comodidad dentro de los autobuses sobre todo en las horas pico de tráfico, etc. Es por esta razón que se entiende deben buscarse alternativas que produzcan mejoras en los niveles de servicio y en el interés de los usuarios en seguir utilizando AMA. Ya que AMA hizo una inversión millonaria en un sistema de GPS-AVL se buscaron alternativas que puedan ser implantadas en conjunto a este sistema ya que de esta manera se puede aprovechar al máximo esta tecnología sin tener que hacer inversiones en tecnologías que funcionan independientes al GPS-AVL lo que implicaría inversión en infraestructura nueva, adiestramientos a personal, etc, mientras que con la tecnología ya existente solo habría que hacer una serie de arreglos menores ya que la infraestructura principal ya existe. A través de repaso de literatura se encontró que todas las tecnologías que se presentan en este informe han mejorada de manera significativa la percepción de los usuarios así como los niveles de servicio. Todas las tecnologías que fueron implantadas en otros países proporcionaron ventajas a las agencias, de igual manera beneficiaron sus clientes. Las agencias que ponían las tecnologías en ejecución han determinado que las ventajas compensan los costos.

Es importante que los sistemas públicos de transporte como AMA, mantengan buenos niveles del servicio, para mantener no sólo a sus usuarios interesados sino también para mantener a todos los otros sistemas de transporte trabajando correctamente y en su totalidad. AMA no trabaja independientemente de los otros sistemas de transporte en el área metropolitana de Puerto Rico y esta es la razón por la cual es importante que esta agencia, así como el resto que son parte de ATI, trabajen en conjunto para que el sistema en general provea un buen servicio. Poner tecnologías ITS en ejecución ayudará a mejorar niveles de servicio mejorando los métodos de proporcionar información a los usuarios así como mantener la agencia informada constantemente supervisando sus

autobuses. Cambios adicionales a las rutas existentes también se recomiendan para mejorar la integración del sistema como un solo ente.

Trabajos futuros

Algunas temas que podrían ser estudiados en un futuro y que están relacionados a este informe son por ejemplo la posibilidad de que el centro de comunicaciones de AMA y el centro de comunicaciones del Tren Urbano puedan entrelazarse para proveer información constante al sistema opuesto sobre sus operaciones. De esta manera se podría solucionar más fácilmente situaciones de respuesta en caso de algún desperfecto del Tren Urbano. De igual manera ayudara a la integración de ambas agencias. Otro tema que podría ser estudiado es la creación de un centro de comunicaciones como el de AMA y Tren Urbano a los carros públicos para poder tener más control con los mismos. También la implantación de sistemas ITS a carros públicos sería otro tema de importancia a analizar. Por ultimo se debería estudiar también si reestructuración de rutas debería realizarse además de la implantación de nuevas tecnologías al sistema, para mejorar el servicio del sistema.

Referencias

- AMA, <http://www.dtop.gov.pr/ama/ama.htm>
- U.S. Department of Transportation, ITS division, http://www.its.dot.gov/its_overview.htm
- Sanabria Canales, Jorge; SMT 3000 Busview; Corporación en Investigación Electrónica; 13 de septiembre de 2004; http://smt3000busview.barraselectronicas.com/Smt3000_bu_s_view_archivos/frame.htm
- Aguilar Alcerreca, Jose H.; Rico Rodriguez, Alfonso; Lobaco Amaya, Jose F.; Garcia Chavez, Antonio; Application of ITS technology in Mexico, current situation and expectancies to short and medium term; <http://152.99.129.29/its/cdrom/4141.pdf>
- Automatic Vehicle Location Systems; <http://www.vehiclelocationsystem.com/AVL%20Explained.htm>
- TECPRO; <http://www.tecpro-mex.com/html/Productos/CoIVeh/CoIVeh.htm>
- GPS, <http://es.wikipedia.org/wiki/GPS>
- Transit Data Collection Design Manual, Multisystems, Inc., June 1985, pag.13-38.
- U.S. Department of Transportation, ITS division, http://www.its.dot.gov/its_overview.htm
- TRB, 2003, TCRP Report 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual, Second Edition. <http://www.trb.org>
- APC, <http://www.infodev.ca/AN/vehicle/VehiculeAN.shtml>
Christine M. Johnson, Edward L. Thomas, Automatic Vehicle Location Successful Transit Applications, A cross cutting study, August2000.
- Masao Sakauchi, ITS Strategy in Japan, July 2003
Robert F. Casey, John A. Volpe, What have we learn about ITS, December 2000, pag, 87-107.
- L, Fu, J. Henderson, B. Hellinga, Inventory of Intelligent Transportation Systems Projects in Canada, December 2003.

Agradecimientos

- Sr. Luís Cruz, Ayudante de la Presidenta de la AMA
- Sr. Wilfredo Ramos, Gerente de Proyectos de AMA
- Ing. Gisela González, Coordinadora Administrativa del Programa
- Dr. Benjamín Colucci, Director Programa UPR/PUPR/ATI
- Dr. Didier Valdés, Consejero
- Dr. Jaime Gutiérrez, Consejero
- Dr. Felipe Luyanda, Consejero
- Dr. Sergio González Quevedo, Profesor
- Dr. Alberto Figueroa, Profesor