



**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

# **Reestructuración de rutas paralelas al Tren Urbano: Caso Metrobús I**

Sometido por:

**Jorismar Torres Hernández**, Estudiante Sub-Graduado

[jorismarth@gmail.com](mailto:jorismarth@gmail.com)

Departamento de Ingeniería Civil

Universidad de Puerto Rico – Mayagüez

Consejeros:

Didier Valdés, PhD

[dvaldes@uprm.edu](mailto:dvaldes@uprm.edu)

Jaime Gutierrez, PhD

[didi@coqui.net](mailto:didi@coqui.net)

Sometido a:

Benjamín Colucci, PhD, PE, PTOE

[bcolucci@uprm.edu](mailto:bcolucci@uprm.edu)

Director del Programa

Mayo 2006

---

## REESTRUCTURACIÓN DE RUTAS PARALELAS AL TREN URBANO: CASO METROBÚS I

---





## ACRONISMOS

---

ACT	Autoridad de Carreteras y Transportación
AMA	Autoridad Metropolitana de Autobuses
AMSJ	Area Metropolitana de San Juan
APC	Automatic Passenger Counter
ATI	Alternativa de Transporte Integrado
HR	Hato Rey
PUPR	Universidad Politécnica de Puerto Rico
RP	Río Piedras
SJ	San Juan
UPR	Universidad de Puerto Rico



## ÍNDICE

---

Introducción .....	4
Definición del Problema .....	6
Enfoque .....	7
Objetivos .....	8
Metodología .....	9
Revisión de Literatura	
Opciones para la recolección de datos.....	11
Tipos de conteo y lecturas .....	12
Metrobús I .....	14
Estudio de Campo .....	15
“Point Check” - “on/off count” y “load count” .....	16
“Ride Check” .....	19
Diagramas de Carga .....	33
Resultados .....	35
Análisis de resultados .....	37
Nueva Ruta .....	38
Ruta Actual vs. Nueva Ruta .....	39
Impacto de la nueva ruta a Tren Urbano .....	40
Conclusión .....	41
Recomendaciones .....	42
Referencias .....	43
Reconocimientos .....	44



## INTRODUCCIÓN

---

El área metropolitana de San Juan (AMSJ) está compuesta de 13 municipios para un total de 1.4 millones de habitantes. Esto representa aproximadamente un 37 por ciento de la población total de la isla de Puerto Rico. En comparación con el área territorial que ocupa es un número excesivamente alto. Es por esto que el AMSJ se ha visto afectada grandemente por el comportamiento vehicular en los últimos años.

La dependencia excesiva al vehículo privado, y la pobre calidad de los servicios ofrecidos por el sistema de transportación pública han resultado en el aumento diario de la congestión vehicular reduciendo la velocidad de los vehículos y aumentando el tiempo de viaje.

En el AMSJ se está implantando un sistema de transporte colectivo compuesto por el Tren Urbano, la Autoridad Metropolitana de Autobuses (AMA), Metrobús, carros públicos, trolleys municipales, minibuses, y el acuaexpreso. Todos estos sistemas se han unido con el propósito de aliviar la situación de congestión vehicular estableciendo un sistema de transportación eficiente, económico, cómodo y moderno para de esta forma mejorar el ambiente y la calidad de vida de todos. Este sistema se conoce como Alternativa de Transporte Integrado (ATI).

El Tren Urbano es el componente principal de este sistema colectivo. Este cuenta con 16 estaciones para un recorrido total de 10.7 millas. En su primera fase, la cual ya está en funcionamiento, el Tren Urbano cubre desde Bayamón hasta Sagrado Corazón.



Figura 1. Alineación del Tren Urbano

Siendo la espina dorsal del sistema de transportación colectiva en el AMSJ, el Tren Urbano tiene la capacidad de mover mayor cantidad de pasajeros que los demás sistemas que alimentan a éste. Aunque la demanda esperada de pasajeros por día no se ha alcanzado aún, el Tren Urbano espera aumentar los usuarios a sobre 100,000 diarios en los próximos 5 años. Para poder lograr llegar a este número es necesario encontrar una forma mediante la cual las personas vean este sistema como una alternativa real la cual les ahorrará tiempo y dinero al mismo tiempo que le provee comodidad y confiabilidad.

A través de toda el AMSJ encontramos guaguas de la AMA y Metrobús las cuales sirven como alimentadores al Tren Urbano. Si se observa con detenimiento la alineación del Tren Urbano y las rutas de las guaguas de la AMA y de Metrobus se observa en muchos casos que las rutas de estos sistemas corren paralelas en gran parte de su recorrido a la alineación del Tren Urbano. La idea principal es evaluar las rutas paralelas al Tren Urbano y reestructurar éstas de manera tal que se aumente la demanda de la espina dorsal del sistema.



## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

---

A medida que la tecnología evoluciona en el mundo dinámico que nos rodea, es indispensable que las compañías se vuelvan más competitivas aumentando su eficiencia, efectividad, productividad y calidad en los servicios que proveen. La clave para alcanzar el éxito radica en la integración de la innovación, la creatividad y la calidad.

Con esto en mente y el compromiso de ATI de proveer los más altos y exigentes niveles de servicio y calidad, la importancia de este proyecto es que el mismo busca introducir los beneficios de las aplicaciones de ingeniería civil en la coordinación de los componentes del transporte colectivo.

Se necesitan idear formas de utilizar los recursos que tenemos disponibles de una manera más eficiente buscando siempre lograr obtener un mejor servicio y comodidad para los usuarios. El problema principal con el Tren Urbano es que aunque es un sistema capaz de mover un gran número de pasajeros, actualmente no cuenta con el patrocinio esperado por parte de los habitantes. Necesitamos entonces desarrollar nuevas estrategias para promover su uso.

Buscando soluciones a esta situación nos encontramos entonces con el problema de redundancia entre sistemas. El Tren Urbano siendo el sistema troncal del transporte colectivo necesita de los demás sistemas que lo componen para que sirvan de alimentadores. Es por esto que nos interesa estudiar estas rutas y estudiar en que forma estas pueden ser reestructuradas de forma tal que continúen ofreciendo un servicio de forma excelente pero a su vez promuevan el uso del Tren Urbano. El objetivo del transporte colectivo no es el que un sistema resulte competencia para otro, sino que se complementen.

## ENFOQUE

La AMA y Metrobús tienen varias rutas de guaguas que van, a través de su recorrido, paralelas a gran parte de la alineación del Tren Urbano. En esta investigación enfocaremos nuestro estudio a la ruta de Metrobús I la cual viaja paralela en casi todo el recorrido al Tren Urbano desde la estación Sagrado Corazón hasta Río Piedras.



Figura 2. Corredor San Juan – Río Piedras con Ruta Metrobús I

La Figura 2 muestra el corredor entre San Juan (Terminal Covadonga, marcado A) y Río Piedras (Terminal Capetillo, marcado B) con la alineación de la ruta Metrobús I (denominada M en el mapa). En la Figura también se puede observar las diferentes rutas de guaguas que circulan en este corredor así como las áreas cercanas. Las estrellas muestran la ubicación de las estaciones del Tren Urbano en el corredor de Santurce a Río Piedras.



## OBJETIVOS

---

El propósito del estudio es calcular el impacto en la demanda que resultaría para el Tren Urbano y para Metrobús I cada una de las alternativas propuestas. El objetivo específico es obtener proyecciones de ocupancia para cada alternativa y seleccionar aquella que capte la mayor cantidad de usuarios, y por ende, produzca la mayor mejora para el Tren Urbano y Metrobús I. Para lograr el éxito de esta investigación se han establecido unos objetivos de estudio con el fin de enfocar nuestra búsqueda a ciertos puntos específicos.

- Estudiar mapa de Tren Urbano, AMA y Metrobús.
- Buscar información sobre la demanda del Tren Urbano.
- Buscar la demanda de Metrobús I.
- Calcular nivel de servicio, frecuencia y ocupancia, entre otros parámetros y variables.
- Generar alternativa a ser estudiada.
- Hacer análisis de alternativas.
- Escoger la mejor alternativa y hacer recomendaciones.

Es importante señalar que este estudio tiene como propósito principal hacer una reestructuración de las rutas de guaguas que van a través de su recorrido paralelas a la alineación del Tren Urbano con el fin de aumentar la demanda del Tren Urbano, pero esto no implica que vamos a beneficiar a un sistema y perjudicar al otro. Es por esto que en la generación y evaluación de alternativas es muy importante tener en cuenta la importancia de ambos sistemas y buscar que de alguna manera ambos sistemas resulten beneficiados.



## METODOLOGÍA

---

Para cumplir con los objetivos propuestos es necesario desarrollar un plan de actividades a llevar a cabo durante la investigación. Debido al tiempo disponible para realizar esta investigación la misma ha sido limitada a el caso de Metrobús I. Para tomar la decisión de la ruta a ser estudiada se analizaron los mapas de las rutas de la AMA y Metrobús en conjunto con el mapa de la alineación del Tren Urbano y se observaron las rutas de mayor impacto.

### Información de la demanda

Para poder realizar los cálculos necesarios que luego nos ayudarán a generar alternativas para el corredor Santurce – Río Piedras necesitamos obtener datos de demanda de ambos sistemas (Tren Urbano y Metrobús). Tenemos dos formas de obtener la información de la demanda de estos sistemas:

- 1) a través de ATI o de First Transit
- 2) mediante estudio de campo.

### Análisis de Información

Una vez obtenida la información del número de pasajeros que suben y bajan de las guaguas, del tiempo de viaje, del tiempo entre paradas, entre otros, podemos realizar un análisis de los datos y los resultados que obtengamos de éstos.

### Generación de Alternativas

Basado en los resultados del análisis de los datos podemos generar las alternativas y evaluar éstas para establecer las ventajas y desventajas de cada una y así poder seleccionar la que mejor cumple con los objetivos de ATI.

Para poder entender mejor la metodología a seguir se ha desarrollado un modelo gráfico de la misma:

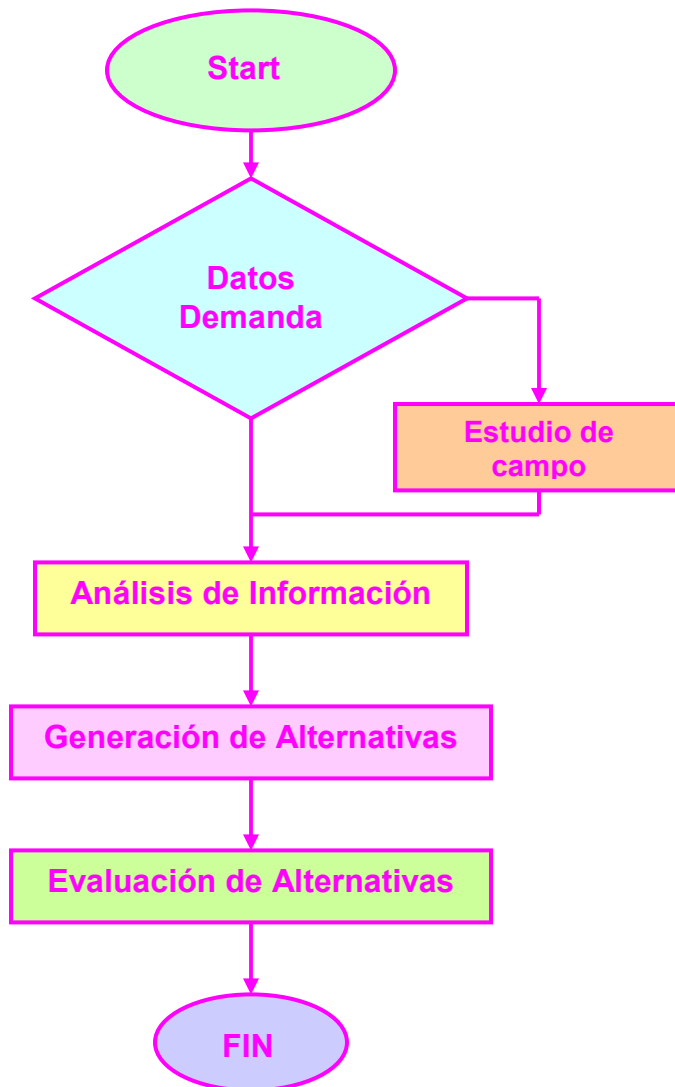


Figura 3. Diagrama de flujo: Metodología

## REVISIÓN DE LITERATURA

---

### OPCIONES PARA LA RECOLECCIÓN DE DATA

Existen varias formas para posicionar personal y los recursos en el campo para la recolección de data.

#### 1. “ride check”

Forma de recolectar data en el campo en la cual un observador está posicionado en la guagua a medida que recorre la ruta. Esta opción requiere un observador-hora para cada vehículo-hora por servicio.

#### 2. “point check”

Un observador está al lado de la carretera y observa las guaguas cuando pasan.

Existen 4 tipos de point check:

1. “peak load check” - observador se encuentra en el punto de carga máxima de la ruta.
2. “undesignated point check” – el punto donde el observador se encuentra es mas flexible pero siempre dentro de un rango.
3. “multiple point check” – observadores localizados a cierto puntos seleccionados dentro de un espacio de tiempo.
4. endpoint check – observadores ubicados en un terminal.

#### 3. “driver check”

El conductor u operador de la guagua recoge la data.

#### 4. contadores automáticos

Las guaguas están equipadas con un sistema de contadores de pasajeros automáticos que detectan la subida y bajada de los pasajeros así como el tiempo desde que se abren hasta que se cierran las puertas de la guagua. (APC's)



## TIPOS DE CONTEO Y LECTURAS

- “on/off count” es una recopilación de los pasajeros que suben y bajan en cada parada y el tiempo de llegada a las paradas. De este se puede determinar la carga entre cada parada, por lo que la carga real en cada viaje puede ser determinada así como la localización del punto de carga máxima. En algunos casos puede ser determinada por la cantidad de personas que pagan la tarifa. Si tenemos la distancia en millas entre cada parada consecutiva se puede determinar o medir pasajeros-millas.
- “boarding counts” – recopilación de pasajeros abordando por cada categoría de tarifa existente. Usualmente es recopilado por los conductores y la data recopilada normalmente es por viaje y no por parada. Para los conductores es más fácil ver el tipo de tarifa o la forma de pago que utilizan las personas.
- “load count” – recopilada por los “point checks”. Es la medida de el número de pasajeros a bordo al momento que una guagua llega o sale de una parada. También se mide el tiempo en la parada de la guagua y el comportamiento de las personas al llegar a esa parada (cuantas se suben y cuantas se bajan).
- “farebox reading” – esto se utiliza cuando las guaguas están equipadas con este sistema. Este mantiene el total de dinero colectado en una guagua. Usualmente se toma al principio y al final del día.
- Transfer counts – es el conteo de el número de boletos de transferencia usados por los pasajeros para entre guaguas o entre diferentes sistemas de transportación colectiva.
- Conteo de rutas origen-destino (“O-D count”) (“route origin-destination count”) – conteo especializado que mide el número de pasajeros que van de un punto a otro de la ruta.



- “Passenger surveys” – usado para obtener información directamente de los pasajeros.

Preguntas típicas incluyen:

- ruta en la cual la encuesta fue administrada
- tarifa que pago
- otras rutas usadas durante el viaje
- medio por el cual llego a la parada y distancia que tuvo que recorrer
- origen y destino
- propósito del viaje
- hora del día del viaje
- frecuencia con que usa la guagua
- edad y sexo
- ocupación o nivel social
- disponibilidad de auto privado



## **METROBUS I**

---

La ruta Metrobús I comenzó a operar en octubre de 1991. La Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT) contrató a la compañía Motor Coach Inc. para operar esta ruta. Hoy día esta compañía se conoce como First Transit.

Metrobús I es un sistema de ruta fija, a esto nos referimos a la operación donde una serie de vehículos se mueven entre un punto inicial y un punto final (terminales), y viceversa. Durante este recorrido hacen una serie de paradas fijas para dejar y recoger pasajeros. En esta ruta los pasajeros se pueden dejar y recoger también en el terminal.

La trayectoria de Metrobús I se extiende desde el Terminal Capetillo en Río Piedras hasta el Terminal Covadonga en el Viejo San Juan. Metrobús I utiliza carriles exclusivos en las Avenidas Fernández Juncos, Muñoz Rivera y Ponce de León. El recorrido ida y vuelta es de aproximadamente 15.3 millas.

De la página electrónica del Departamento de Transportación y Obras Públicas obtuvimos que, el tiempo de viaje en cada dirección de esta ruta varía entre 31 y 41 minutos por dirección y su intervalo es de 6-7 minutos los Lunes a Viernes, de 12-15 minutos los sábados y las noches y de 12-20 minutos los domingos y los días feriados.

## ESTUDIO DE CAMPO



Figura 5. Foto aérea de ruta Metrobús I





## Estudio de Campo: “Point Check” - “on/off count” y “load count”

### Parada Hato Rey

Guagua	Puertas		# Pasajeros antes de abrir puertas	Pasajeros		Observaciones
	abren	cierran		suben	bajan	
MI		7:20	30	0	0	
MI	7:28:19	7:28:54	30	2	1	
MI	7:36:42	7:37:00	35	3	0	
MI	7:44:43	7:45:18	43	8	0	
MI	7:51:55	7:52:15	30	4	0	
MI	8:00:08	8:00:35	14	3	0	
MI	8:05:56	8:06:03	26	1	0	
MI	8:14:17	8:14:31	30	3	0	
MI	8:22:17	8:22:45	25	4	0	
MI	8:34:10	8:34:23	45	2	0	
MI	8:40:18	8:40:29	35	2	0	
MI	8:56:30	8:56:40	25	0	0	No se detuvo
MI	8:56:30	8:56:55	6	2	0	
MI	9:02:13	9:02:29	30	0	3	
MI	9:12:16	9:12:56	25	3	2	
MI	9:17:00	9:17:23	17	0	1	
MI	9:24:19	9:24:37	20	3	1	
MI	9:35:18	9:35:30	25	2	2	
MI	9:41:19	9:41:30	12	2	0	
MI	9:56:13	9:56:33	18	4	1	
MI	9:59:06	9:59:26	12	0	1	
MI	10:01:15	10:01:22	17	2	0	
MI	10:20:55	10:21:26	35	5	3	
MI	10:21:30	10:21:30	20	0	0	No se detuvo
MI	10:30:30	10:30:51	19	3	1	
MI	10:36:25	10:36:37	12	1	0	
MI	10:41:26	10:41:34	16	1	0	
MI	10:50:32	10:51:13	29	6	0	
MI	10:59:20	10:59:27	42	2	0	
MI	10:59:28	10:59:28	25	0	0	No se detuvo
MI	11:20:40	11:20:40	X	0	0	No se detuvo



<b>MI</b>	11:25:26	11:25:49	21	5	0	
<b>MI</b>	11:34:44	11:35:07	35	2	0	
<b>MI</b>	11:39:21	11:39:30	10	1	0	
<b>MI</b>	11:43:07	11:43:18	15	1	1	
<b>MI</b>	12:12:57	12:13:29	X	1	0	
<b>MI</b>	12:18:45	12:19:06	30	3	1	
<b>MI</b>	12:23:58	12:23:04	10	1	0	
<b>MI</b>	12:33:03	12:29:00	38	1	2	
<b>MI</b>	12:36:59	12:37:29	30	0	0	
<b>MI</b>	1:00:10	1:00:41	X	6	1	
<b>MI</b>	1:04:06	1:04:11	8	1	0	
<b>MI</b>	1:13:41	1:13:56	35	3	0	
<b>MI</b>	1:14:02	1:14:02	0	0	0	No se detuvo

Guagua	Puertas		# Pasajeros antes de abrir puertas	Pasajeros		Observaciones
	abren	cierran		suben	bajan	
<b>MI</b>	2:15:00	2:15:48	12	0	0	
<b>MI</b>	2:25:48	2:25:59	20	0	0	
<b>MI</b>	2:53:14	2:53:36	30	0	1	
<b>MI</b>	2:53:21	2:53:38	35	0	0	
<b>MI</b>	2:55:36	2:55:36	2	0	0	No se detuvo
<b>MI</b>	2:55:59	2:55:59	2	0	0	No se detuvo
<b>MI</b>	3:27:53	3:28:00	40	0	1	
<b>MI</b>	3:28:21	3:28:21	35	0	0	No se detuvo
<b>MI</b>	3:37:12	3:38:10	16	10	0	
<b>MI</b>	3:40:04	3:40:19	15	3	0	
<b>MI</b>	3:56:34	3:56:53	45	5	0	
<b>MI</b>	4:06:02	4:06:21	35	2	0	
<b>MI</b>	4:13:06	4:13:27	35	3	0	
<b>MI</b>	4:27:46	4:27:56	35	2	0	
<b>MI</b>	4:46:00	4:46:48	50	6	3	
<b>MI</b>	4:50:00	4:50:04	14	1	0	
<b>MI</b>	4:59:42	4:59:54	40	2	0	



Guagua	Pasajeros		# Pasajeros antes de abrir puertas	Pasajeros		Observaciones
	abren	cierran		suben	bajan	
MI	10:44	10:45	24	6	0	
MI	10:45	10:46	7	0	1	
MI	10:53	10:54	9	7	0	
MI	11:05	11:05	38	2	0	
MI	11:13	11:13	43	8	1	
MI	12:14	12:14	X	8	2	
MI	12:15	12:15	X	0	0	No abrio puertas
MI	12:18	12:18	32	2	1	
MI	12:58	12:58	54	2	3	
MI	12:58	12:58	27	0	0	No se detuvo
MI	1:05	1:05	6	1	3	
MI	1:08	1:08	11	0	1	
MI	1:16	1:16	36	2	0	

### Cálculo de frecuencia

Tiempo = 6 horas

# vehículos = 44

Frecuencia = veh/hr

Frecuencia = 44 veh / 6horas

**Frecuencia = 7.33 veh/hr**

### Cálculo de frecuencia

Tiempo = 2 horas 45 minutos

# vehículos = 17

Frecuencia = veh/hr

Frecuencia = 17 veh / 2.75 horas

**Frecuencia = 6.18 veh/hr**

### Cálculo de frecuencia

Tiempo = 2.53 minutos

# vehículos = 13

Frecuencia = veh/hr

**Frecuencia = 5.13 veh/hr**

### **Estudio de Campo: “Ride Check”**

Estos datos fueron recopilados utilizando el método de “ride check” donde el observador o persona a cargo está posicionado en la guagua a medida que ésta recorre la ruta. En el campo se recogieron los datos del número de paradas, los tiempos y el número de pasajeros que subían y bajaban en cada parada (“on/off count”). Estos datos corresponden a las columnas 1 al 3 de las tablas presentadas. En las columnas 4 y 5 se encuentran las subidas y bajadas acumuladas las cuales son útiles para obtener la ocupancia de las guaguas que se encuentra en la columna 6.



Figura 5. Foto estudio de campo – “Ride Check”



## **RECORRIDO 1**

Pasajeros en la guagua = 40

Recorrido Completo - HR @ SJ @ RP @ HR

Hora comienzo 7:30am

Hora final 9:13am

De Hato Rey @ Terminal Covadonga

Hora comienzo 7:30am

Hora final 7:59am

Tiempo en el terminal 7:59 - 8:06 am

Tiempo de viaje = 103 min

Parada	Pax Suben	Pax Bajan	Subida Acum	Bajada Acum	ocupancia
Hato Rey	6	2	46	2	44
1	2	0	48	2	46
2	10	3	58	5	53
3	2	1	60	6	54
4	0	1	60	7	53
5	5	0	65	7	58
6	0	5	65	12	53
7	3	10	68	22	46
8	8	1	76	23	53
9	0	8	76	31	45
10	2	5	78	36	42
11	3	4	81	40	41
12	3	1	84	41	43
13	0	2	84	43	41
14	0	7	84	50	34
15	0	1	84	51	33
16	2	8	86	59	27
17	1	2	87	61	26
18	0	0	87	61	26
19	0	0	87	61	26



20	0	1	87	62	25
21	0	1	87	63	24
22	0	3	87	66	21
23	0	3	87	69	18
Covadonga	0	18	87	87	0

Tiempo en terminal Covadonga  
 7:59am - 8:06am

Tiempo en terminal Capetillo  
 8:51am - 8:52am

Recorrido Covadonga @ Capetillo  
 Comienzo 8:06 am  
 Fin 8:51 am

Parada	Pax Suben	Pax Bajan	Subida Acum	Bajada Acum	ocupancia
Covadonga	18	0	18	0	18
1	0	1	18	1	17
2	1	0	19	1	18
3	2	1	21	2	19
4	0	0	21	2	19
5	2	0	23	2	21
6	2	1	25	3	22
7	2	1	27	4	23
8	0	1	27	5	22
9	3	0	30	5	25
10	0	1	30	6	24
11	1	1	31	7	24
12	3	6	34	13	21
13	2	2	36	15	21
14	2	1	38	16	22
15	1	0	39	16	23
16	3	3	42	19	23
17	3	2	45	21	24
18	4	1	49	22	27
19	2	0	51	22	29
20	8	2	59	24	35
21	6	4	65	28	37



22	2	0	67	28	39
23	2	0	69	28	41
24	0	3	69	31	38
25	2	2	71	33	38
26	0	6	71	39	32
27	2	2	73	41	32
28	1	1	74	42	32
29	0	7	74	49	25
30	0	1	74	50	24
31	0	3	74	53	21
32	0	1	74	54	20
33	0	1	74	55	19
34	0	5	74	60	14
35	0	4	74	64	10
Capetillo	0	10	74	74	0

Recorrido Capetillo @ Hato Rey  
 Comienzo 8:52am - 9:13am

Tiempo Terminal Capetillo = 1 min

Parada	Pax Suben	Pax Bajan	Subida Acum	Bajada Acum	ocupancia
Capetillo	24	0	24	0	24
1	1	0	25	0	25
2	0	0	25	0	25
3	2	0	27	0	27
4	2	0	29	0	29
5	0	0	29	0	29
6	0	3	29	3	26
7	2	1	31	4	27
8	1	3	32	7	25
9	3	1	35	8	27
10	1	0	36	8	28
11	0	0	36	8	28
12	1	1	37	9	28
Hato Rey	3	2	40	11	29



## **RECORRIDO 2**

Pasajeros en la guagua = 29

Hora comienzo 2:25pm  
 Hora final 4:07pm  
 Tiempo de viaje = 101 min

De Hato Rey @ Terminal Covadonga

Hora comienzo 2:25pm  
 Hora final 2:58pm

Tiempo en el terminal 1min

Parada	Pax Suben	Pax Bajan	Subida Acum	Bajada Acum	ocupancia
Hato Rey	29	0	29	0	29
1	1	0	30	0	30
2	2	0	32	0	32
3	3	5	35	5	30
4	8	1	43	6	37
5	2	2	45	8	37
6	1	0	46	8	38
7	1	0	47	8	39
8	2	0	49	8	41
9	5	6	54	14	40
10	1	4	55	18	37
11	1	0	56	18	38
12	3	0	59	18	41
13	0	2	59	20	39
14	1	2	60	22	38
15	1	6	61	28	33
16	2	2	63	30	33
17	0	7	63	37	26
18	0	1	63	38	25
19	0	2	63	40	23
20	0	0	63	40	23
21	2	0	65	40	25
22	0	2	65	42	23
23	14	0	79	42	37
24	0	2	79	44	35
25	0	1	79	45	34
Covadonga	0	34	79	79	0





Tiempo en Terminal Covadonga = 1 min  
 Recorrido de Covadonga @ Capetillo  
 Comienzo 2:59pm Final 3:45pm

Parada	Pax Suben	Pax Bajan	Subida Acum	Bajada Acum	ocupancia
Covadonga	22	0	22	0	22
1	4	0	26	0	26
2	15	0	41	0	41
3	1	0	42	0	42
4	0	0	42	0	42
5	0	0	42	0	42
6	2	0	44	0	44
7	6	1	50	1	49
8	9	2	59	3	56
9	10	1	69	4	65
10	4	2	73	6	67
11	1	8	74	14	60
12	6	1	80	15	65
13	5	4	85	19	66
14	0	2	85	21	64
15	15	4	100	25	75
16	4	0	104	25	79
17	6	2	110	27	83
18	6	0	116	27	89
19	1	1	117	28	89
20	10	3	127	31	96
21	3	6	130	37	93
22	0	3	130	40	90
23	0	2	130	42	88
24	0	2	130	44	86
25	0	2	130	46	84
26	0	2	130	48	82
27	0	1	130	49	81
28	1	1	131	50	81
29	0	2	131	52	79
30	1	2	132	54	78
31	0	3	132	57	75
32	0	9	132	66	66
33	0	5	132	71	61
34	0	14	132	85	47
Capetillo	0	47	132	132	0



Tiempo en Terminal Capetillo = 5 min  
 Recorrido de Captillo @ Hato Rey  
 Comienzo 3:50pm  
 Final 4:07pm

Parada	Pax Suben	Pax Bajan	Subida Acum	Bajada Acum	ocupancia
Capetillo	11	0	11	0	11
1	2	0	13	0	13
2	1	0	14	0	14
3	4	1	18	1	17
4	3	0	21	1	20
5	1	0	22	1	21
6	0	1	22	2	20
7	1	0	23	2	21
8	2	1	25	3	22
9	1	0	26	3	23
10	2	1	28	4	24
11	6	0	34	4	30
12	0	1	34	5	29
13	3	0	37	5	32
Hato Rey	4	1	41	6	35



### **RECORRIDO 3**

Pasajeros en la guagua = 57

Duración HR @ Covadonga = 47 minutos

<b>Parada</b>	<b>Pax Suben</b>	<b>Pax Bajan</b>	<b>Subida Acum</b>	<b>Bajada Acum</b>	<b>ocupancia</b>
<b>Hato Rey</b>	2	0	57	0	57
<b>1</b>	0	2	57	2	55
<b>2</b>	0	2	57	4	53
<b>3</b>	11	4	68	8	60
<b>4</b>	0	1	68	9	59
<b>5</b>	1	3	69	12	57
<b>6</b>	2	8	71	20	51
<b>7</b>	0	2	71	22	49
<b>8</b>	2	1	73	23	50
<b>9</b>	4	4	77	27	50
<b>10</b>	4	3	81	30	51
<b>11</b>	1	0	82	30	52
<b>12</b>	0	3	82	33	49
<b>13</b>	2	5	84	38	46
<b>14</b>	1	7	85	45	40
<b>15</b>	0	6	85	51	34
<b>16</b>	2	5	87	56	31
<b>17</b>	0	6	87	62	25
<b>18</b>	2	0	89	62	27
<b>19</b>	0	4	89	66	23
<b>20</b>	0	1	89	67	22
<b>Covadonga</b>	0	22	89	89	0

Duración Covadonga @ Capetillo = 39 minutos

<b>Parada</b>	<b>Pax Suben</b>	<b>Pax Bajan</b>	<b>Subida Acum</b>	<b>Bajada Acum</b>	<b>ocupancia</b>
<b>Covadonga</b>	12	0	12	0	12
<b>1</b>	1	0	13	0	13
<b>2</b>	0	1	13	1	12
<b>3</b>	0	1	13	2	11
<b>4</b>	4	0	17	2	15
<b>5</b>	2	0	19	2	17
<b>6</b>	2	1	21	3	18
<b>7</b>	1	0	22	3	19



<b>8</b>	5	0	27	3	24
<b>9</b>	3	1	30	4	26
<b>10</b>	2	3	32	7	25
<b>11</b>	1	0	33	7	26
<b>12</b>	4	0	37	7	30
<b>13</b>	1	2	38	9	29
<b>14</b>	3	0	41	9	32
<b>15</b>	3	1	44	10	34
<b>16</b>	0	4	44	14	30
<b>17</b>	4	8	48	22	26
<b>18</b>	0	1	48	23	25
<b>19</b>	2	1	50	24	26
<b>20</b>	1	1	51	25	26
<b>21</b>	0	1	51	26	25
<b>22</b>	0	4	51	30	21
<b>23</b>	5	1	56	31	25
<b>24</b>	0	2	56	33	23
<b>25</b>	0	3	56	36	20
<b>26</b>	3	0	59	36	23
<b>27</b>	1	2	60	38	22
<b>28</b>	0	5	60	43	17
<b>29</b>	0	5	60	48	12
<b>30</b>	0	6	60	54	6
<b>Capetillo</b>	0	6	60	60	0

Duración = 16 minutos

<b>Parada</b>	<b>Pax Suben</b>	<b>Pax Bajan</b>	<b>Subida Acum</b>	<b>Bajada Acum</b>	<b>ocupancia</b>
<b>Capetillo</b>	7	0	7	0	7
<b>1</b>	3	0	10	0	10
<b>2</b>	0	1	10	1	9
<b>3</b>	0	2	10	3	7
<b>4</b>	1	0	11	3	8
<b>Hato Rey</b>	1	0	12	3	9



## **RECORRIDO 4**

Pasajeros en la guagua = 61

Duración recorrido HR a Covadonga  
 35 minutos

<b>Parada</b>	<b>Pax Suben</b>	<b>Pax Bajan</b>	<b>Subida Acum</b>	<b>Bajada Acum</b>	<b>ocupancia</b>
<b>Hato Rey</b>	3	1	64	1	63
<b>1</b>	0	1	64	2	62
<b>2</b>	4	0	68	2	66
<b>3</b>	4	5	72	7	65
<b>4</b>	4	1	76	8	68
<b>5</b>	3	2	79	10	69
<b>6</b>	11	5	90	15	75
<b>7</b>	3	3	93	18	75
<b>8</b>	2	5	95	23	72
<b>9</b>	1	4	96	27	69
<b>10</b>	0	8	96	35	61
<b>11</b>	2	17	98	52	46
<b>12</b>	3	2	101	54	47
<b>13</b>	2	3	103	57	46
<b>14</b>	3	5	106	62	44
<b>15</b>	0	1	106	63	43
<b>16</b>	0	8	106	71	35
<b>17</b>	0	2	106	73	33
<b>18</b>	2	3	108	76	32
<b>19</b>	1	1	109	77	32
<b>20</b>	0	3	109	80	29
<b>21</b>	0	2	109	82	27
<b>22</b>	0	1	109	83	26
<b>23</b>	0	4	109	87	22
<b>Covadonga</b>	0	22	109	109	0



Duración Covadonga a Capetillo = 43 minutos

<b>Parada</b>	<b>Pax Suben</b>	<b>Pax Bajan</b>	<b>Subida Acum</b>	<b>Bajada Acum</b>	<b>ocupancia</b>
<b>Covadonga</b>	15	0	15	0	15
<b>1</b>	1	1	16	1	15
<b>2</b>	1	0	17	1	16
<b>3</b>	1	2	18	3	15
<b>4</b>	6	0	24	3	21
<b>5</b>	2	0	26	3	23
<b>6</b>	5	1	31	4	27
<b>7</b>	5	0	36	4	32
<b>8</b>	3	1	39	5	34
<b>9</b>	1	3	40	8	32
<b>10</b>	3	2	43	10	33
<b>11</b>	1	1	44	11	33
<b>12</b>	5	1	49	12	37
<b>13</b>	2	2	51	14	37
<b>14</b>	5	2	56	16	40
<b>15</b>	4	0	60	16	44
<b>16</b>	0	4	60	20	40
<b>17</b>	0	1	60	21	39
<b>18</b>	0	1	60	22	38
<b>19</b>	2	6	62	28	34
<b>20</b>	1	1	63	29	34
<b>21</b>	1	5	64	34	30
<b>22</b>	8	2	72	36	36
<b>23</b>	12	0	84	36	48
<b>24</b>	0	4	84	40	44
<b>25</b>	4	1	88	41	47
<b>26</b>	1	5	89	46	43
<b>27</b>	1	4	90	50	40
<b>28</b>	2	2	92	52	40
<b>29</b>	12	1	104	53	51
<b>30</b>	2	3	106	56	50
<b>31</b>	0	7	106	63	43
<b>32</b>	0	12	106	75	31
<b>33</b>	0	16	106	91	15
<b>Capetillo</b>	0	15	106	106	0



Duración Capetillo a Hato Rey = 15 minutos

<b>Parada</b>	<b>Pax Suben</b>	<b>Pax Bajan</b>	<b>Subida Acum</b>	<b>Bajada Acum</b>	<b>ocupancia</b>
<b>Capetillo</b>	22	0	22	0	22
<b>1</b>	5	0	27	0	27
<b>2</b>	4	0	31	0	31
<b>3</b>	6	0	37	0	37
<b>4</b>	1	1	38	1	37
<b>5</b>	2	0	40	1	39
<b>6</b>	2	1	42	2	40
<b>7</b>	5	4	47	6	41
<b>8</b>	0	2	47	8	39
<b>9</b>	4	0	51	8	43
<b>10</b>	1	2	52	10	42
<b>11</b>	2	1	54	11	43
<b>Hato Rey</b>	0	1	54	12	42



## RECORRIDO 5

<b>Parada</b>	<b>Pax Suben</b>	<b>Pax Bajan</b>	<b>Subida Acum</b>	<b>Bajada Acum</b>	<b>ocupancia</b>
<b>Hato Rey</b>	2	0	23	0	23
<b>1</b>	1	0	24	0	24
<b>2</b>	9	2	33	2	31
<b>3</b>	4	2	37	4	33
<b>4</b>	2	0	39	4	35
<b>5</b>	2	2	41	6	35
<b>6</b>	3	3	44	9	35
<b>7</b>	2	3	46	12	34
<b>8</b>	6	2	52	14	38
<b>9</b>	6	4	58	18	40
<b>10</b>	1	3	59	21	38
<b>11</b>	3	2	62	23	39
<b>12</b>	0	7	62	30	32
<b>13</b>	3	2	65	32	33
<b>14</b>	0	3	65	35	30
<b>15</b>	4	1	69	36	33
<b>16</b>	0	4	69	40	29
<b>17</b>	0	2	69	42	27
<b>18</b>	2	1	71	43	28
<b>19</b>	1	3	72	46	26
<b>20</b>	0	4	72	50	22
<b>Covadonga</b>	0	22	72	72	0
<b>Covadonga</b>	18	0	18	0	18
<b>1</b>	1	0	19	0	19
<b>2</b>	1	4	20	4	16
<b>3</b>	2	1	22	5	17
<b>4</b>	3	0	25	5	20
<b>5</b>	1	0	26	5	21
<b>6</b>	3	0	29	5	24
<b>7</b>	1	2	30	7	23
<b>8</b>	7	1	37	8	29
<b>9</b>	7	1	44	9	35
<b>10</b>	1	0	45	9	36
<b>11</b>	3	1	48	10	38
<b>12</b>	0	1	48	11	37
<b>13</b>	1	3	49	14	35
<b>14</b>	2	0	51	14	37
<b>15</b>	2	1	53	15	38
<b>16</b>	6	3	59	18	41
<b>17</b>	3	2	62	20	42





<b>18</b>	1	0	63	20	43
<b>19</b>	3	2	66	22	44
<b>20</b>	8	1	74	23	51
<b>21</b>	2	1	76	24	52
<b>22</b>	0	5	76	29	47
<b>23</b>	3	1	79	30	49
<b>24</b>	0	2	79	32	47
<b>25</b>	1	4	80	36	44
<b>26</b>	1	0	81	36	45
<b>27</b>	0	3	81	39	42
<b>28</b>	0	6	81	45	36
<b>29</b>	0	3	81	48	33
<b>30</b>	0	1	81	49	32
<b>31</b>	0	3	81	52	29
<b>32</b>	0	9	81	61	20
<b>33</b>	0	8	81	69	12
<b>34</b>	0	12	81	81	0
<b>Capetillo</b>	0	0	81	81	0
<b>Capetillo</b>	18	0	7	0	7
<b>1</b>	1	0	8	0	8
<b>2</b>	2	0	10	0	10
<b>3</b>	1	0	11	0	11
<b>4</b>	0	1	11	1	10
<b>5</b>	0	1	11	2	9
<b>6</b>	2	0	13	2	11
<b>7</b>	0	1	13	3	10
<b>8</b>	8	0	21	3	18
<b>9</b>	4	0	25	3	22
<b>Hato Rey</b>	3	1	28	4	24

Estacion Sagrado Corazon

Estacion Sagrado Corazon

Estacion Universidad

Duracion HR a Covadonga = 30 minutos

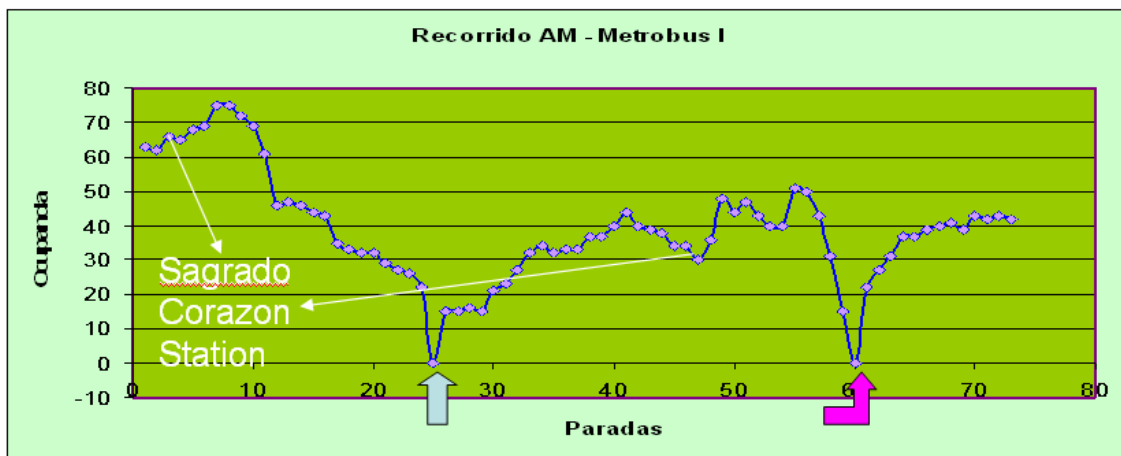
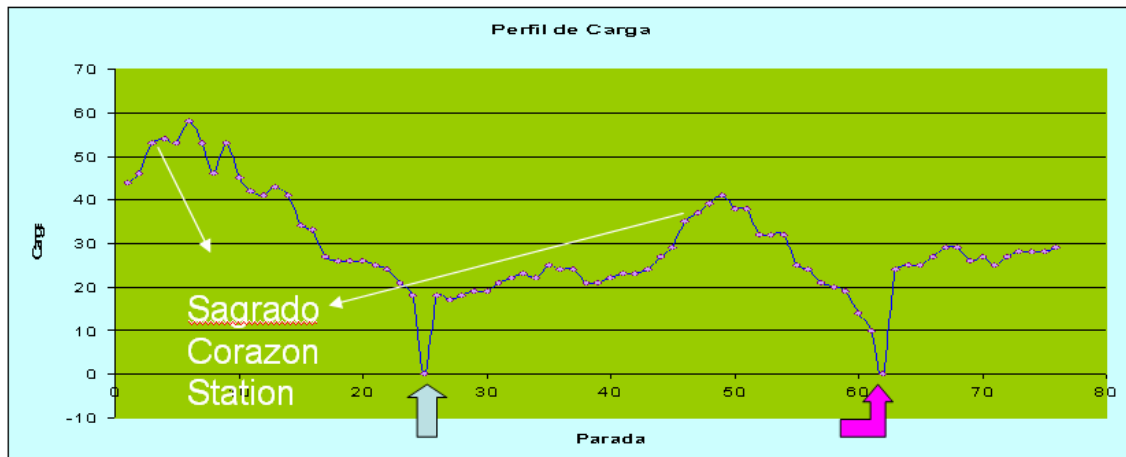
Duracion Covadonga a Capetillo = 52 minutos

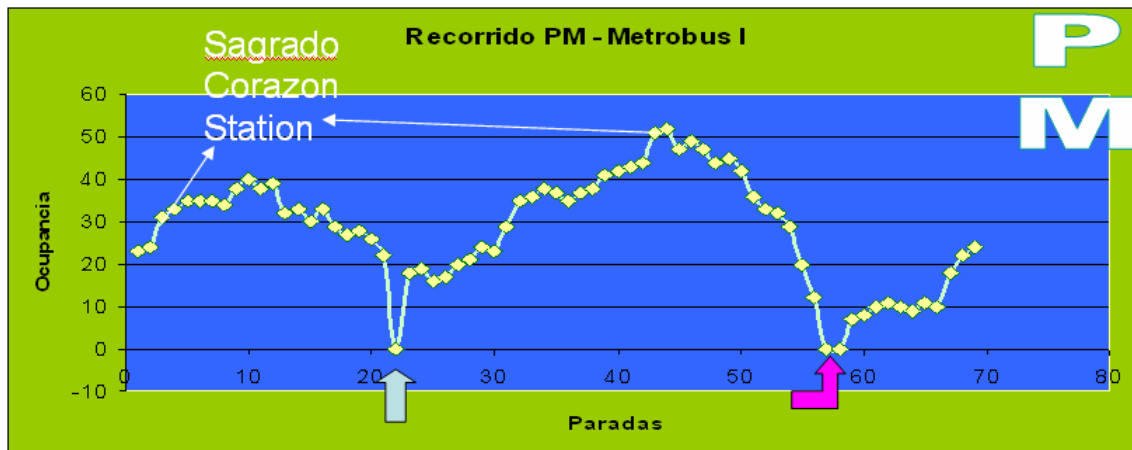
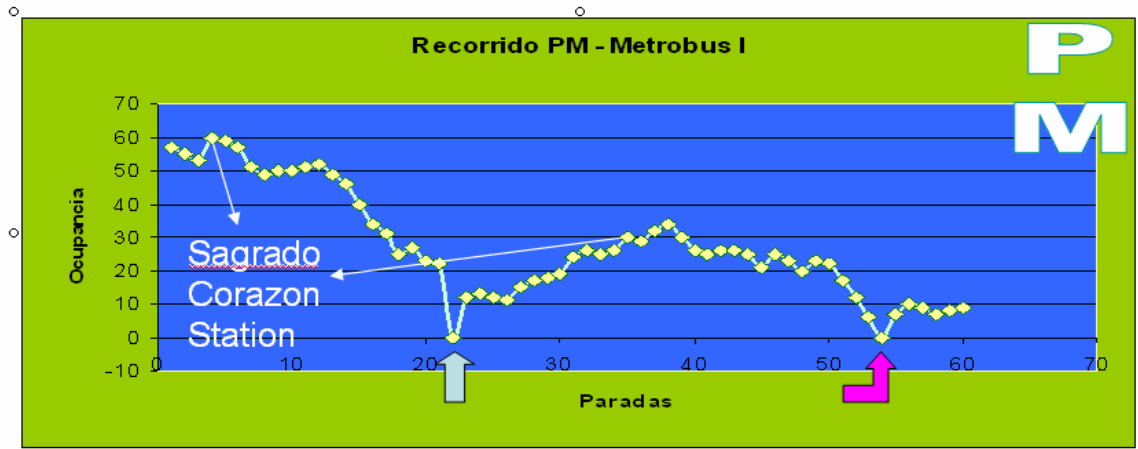
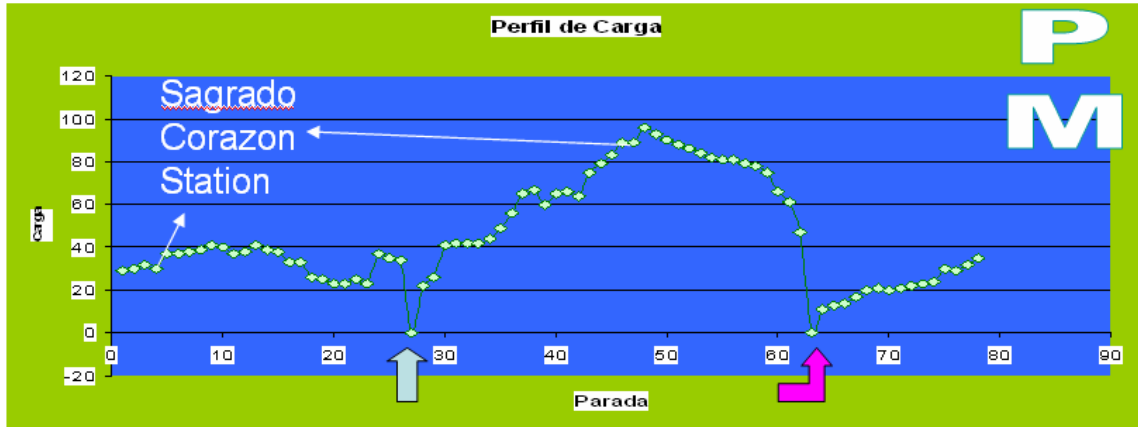
Duracion Capetillo a Hato Rey = 14 minutos

## DIAGRAMAS DE CARGA

Haciendo uso de los de la ocupancia de las guaguas entre paradas se puede graficar un Diagrama de Carga de la ruta. El mismo se muestra a continuación y en el podemos observar el punto de carga máxima así como el comportamiento de los pasajeros en cada parada. Los puntos donde la carga es cero corresponden a los Terminales.

El primer y el último punto en la grafica corresponden a la parada de Hato Rey.





↑ Terminal Covadonga  
 ↑ Terminal Capetillo



## RESULTADOS ESTUDIO DE CAMPO

Del “point check” se obtuvieron los datos del numero de vehículos y las veces que el vehiculo pasaba por un punto. La frecuencia es una de las variables más importantes en determinar la calidad del servicio de la transportación colectiva.

NS	Frecuencia
A	> 6
B	5 – 6
C	3 – 4
D	2
E	1
F	< 1

Para la Ruta MI se obtuvieron frecuencias de 7.33 veh/hr, 6.18 veh/hr y 5.2 veh/hr.

Basado en el estudio de campo realizado y los resultados de frecuencia obtenidos en este encontramos que la ruta MI opera en un Nivel de Servicio entre A y B. Un nivel de servicio de A indica que los pasajeros no necesitan itinerarios, mientras que el B indica servicios frecuentes y que los pasajeros necesitan itinerarios.

De los estudios de “ride check” realizados buscamos la carga máxima en el viaje. Este número nos sirve para determinar Niveles de Servicio basados en carga.

LOS	Load Factor	Standing Passenger Area		Comments
	(p/seat)	(ft <sup>2</sup> /p)	(m <sup>2</sup> /p)	
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

\*Approximate value for comparison, for vehicles designed to have most passengers seated. LOS is based on area.

†Used for vehicles designed to have most passengers standing.



Utilizando la tabla presentada, en un viaje completo (Hato Rey – Covadonga – Capetillo – Hato Rey) encontramos en general niveles de servicio F lo cual indica que los viajes van sobrecargados de pasajeros.

Se realizó un análisis completo del servicio actual de la ruta. Los resultados del mismo se presentan en la tabla a continuación. La frecuencia utilizada fue un promedio de la frecuencia obtenida para la ruta mediante el estudio de “point check”.

Escondido	TTa	TTb	Sab	Sba	TVab	TVba	TC	frec	ht	Vo	Vcom	Nveh	R	hs	NSinsc	NSload
1	7:00	1 min	7.8 mi	7.83 mi	45:00	50:00	100 min	3 veh/hr	10.3 min	8.85 mph	8.18 mph	10	1.81	1.70 mi	A - B	D
2	1 min	5 min	7.8 mi	7.83 mi	45 min	49 min	101 min	3 veh/hr	10.1 min	8.95 mph	8.56 mph	10	1.38	1.88 mi	A - B	F
3	7:00	5 min	7.8 mi	7.83 mi	46:00	53:00	104 min	3 veh/hr	10.4 min	8.75 mph	8.10 mph	10	1	1.88 mi	A - B	F
4	5 min	4 min	7.8 mi	7.83 mi	45 min	50 min	100 min	3 veh/hr	10.0 min	10.17 mph	8.48 mph	10	1.41	1.70 mi	A - B	F
5	7:00	1 min	7.8 mi	7.83 mi	46:00	52:00	100 min	3 veh/hr	10.3 min	8.88 mph	8.48 mph	10	1.53	1.82 mi	A - B	F

Las variables utilizadas se definen a continuación:

**Definición de Tiempos:**

Estos tiempos típicamente se miden en minutos

- TVab – tiempo promedio de viaje entre terminales A y B
- TTb – tiempo promedio en terminal B, para recobrar itinerario y descanso del conductor
- TVba – tiempo promedio de viaje entre terminales B y A
- TTA – tiempo promedio en terminal A, para recobrar itinerario y descanso del conductor
- TC – tiempo promedio que le toma a un vehículo completar un recorrido
- TC = TVab + TTb + TTA + TVba

**Definición de Distancias:**

- Sab – distancia entre terminal A y terminal B.
- Sba – distancia entre terminal B y el A.

**Tiempo y distancia entre vehículos:**

- ht – intervalo o headway, tiempo entre pasada de dos vehículos consecutivos
- frec – frecuencia = 1/ht \*60
- hs – espaciamiento o spacing, distancia entre dos vehículos en un instante de tiempo.

*\*Para los cálculos realizados se calculo ht y hs dada la frecuencia de 6 veh/hr*

**Velocidad:**

- Velocidad Operacional = 60\*(SAB+SBA)/(TVAB+ TVBA)  
(25-40 MPH)
- Velocidad Comercial = 60\*(SAB+SBA)/TC



**Numero de vehiculos para satisfacer una frecuencia (Nveh)**

$$N_{veh} = \frac{TC}{h_t}$$

$$N_{veh} = \frac{60 \times (S_{AB} + S_{BA})}{Vel.Comercial \times h_t}$$

$$TC = \frac{60 \times (S_{AB} + S_{BA})}{Vel.Comercial}$$

$$N_{veh} = \frac{(S_{AB} + S_{BA}) \times frec}{Vel.Comercial}$$

Índice de Renovación = IR

Factor de variación en el número de pasajeros.

**ANÁLISIS RESULTADOS: ESTUDIO DE CAMPO**

Metrobus I, basado en los resultados encontrados es una ruta en la cual los pasajeros pueden confiar. No todo el tiempo cumple con el intervalo de tiempo de pasada pero los usuarios pueden sentirse seguros de que va a llegar. Esto se puede concluir basándonos en los resultados de frecuencia que obtuvimos. Ahora bien, si observamos los tiempos podemos notar que existen varios problemas. Los datos de campo muestran como a pesar de que tenemos una frecuencia de 6 veh/hora no llegan guaguas a la parada cada 10 minutos. Desafortunadamente se observo mucho el fenómeno conocido como *bunching*. A veces observábamos como tres guaguas de la misma ruta llegaban a la parada al mismo tiempo, una detrás de la otra. Esto causa que los pasajeros en muchas ocasiones tengan que esperar más del tiempo indicado para que llegue la próxima guagua.

En cuanto a la carga de pasajeros u ocupancia en cada viaje encontramos problemas más serios. Brindar un servicio donde los viajes se realizan bajo condiciones de sobrecarga de pasajeros hace que el usuario se sienta incomodo con el sistema. Es bastante incomodo estar en un lugar donde no puedes sentarte cómodamente o estar de pie molestando a otros o siendo molestado por otros. Este problema trae muchas consecuencias negativas al sistema. Extiende el tiempo de espera en las paradas ya que muchas veces estas guaguas no pueden hacer una parada para que otras personas aborden porque no tiene espacio, así que el usuario tiene que esperar a que otra guagua llegue a la parada. Además, el chofer tiene que esperar mas tiempo para salir de la parada ya que le toma mas tiempo a las personas acomodarse. Dada esta situación el sistema se vuelve poco atractivo al usuario ya que se vuelve deficiente en términos de comodidad y confiabilidad.

## NUEVA RUTA



El segmento de la alineación del Tren Urbano bajo estudio podría reemplazar aproximadamente 1/3 parte de la longitud de Metrobús I (5 millas) y así la longitud, el tiempo de ciclo y los tiempos de viaje de Metrobús I podrían reducirse proporcionalmente para así poder brindar mejor servicio entre Sagrado Corazón, Santurce y San Juan. En este caso, todos los pasajeros que están a bordo en la parada 26 se transferirían al Tren Urbano para sus viajes hacia Hato Rey y Río Piedras (en la otra dirección la transferencia sería de Tren Urbano a Metrobús I).

Para esta nueva situación se realizaron cálculos para ver en que forma afectaría a la ruta MI.

Estación	TC	Salida	Stba	hr	Mo	Misam	TR	Rx	NS Área	NS carga
1	71.33 min	8.2 mil	7.31 mil	7.13 min	9.04 mph	9.24 mph	1.59	1.16 mil	A	C
2	69.35 min	8.2 mil	5.51 mil	6.33 min	9.26 mph	9.10 mph	1.3	1.15 mil	A	C
3	71.67 min	8.2 mil	7.31 mil	7.17 min	9.23 mph	8.9 mph	1.27	1.17 mil	A	C
4	69 min	8.2 mil	5.51 mil	6.2 min	10.17 mph	9.14 mph	1.5	1.17 mil	A	C
5	69.67 min	8.2 mil	7.31 mil	6.57 min	9.43 mph	9.03 mph	1.51	1.18 mil	A	C



## RUTA ACTUAL VS. NUEVA RUTA

---

Si lo comparamos la nueva ruta con la situación actual:

- El tiempo de ciclo que obtenemos es menor ya que la distancia de viaje se reduce por 2.6 millas en la dirección de A a B, y por 2.65 en dirección de B a A. Pero en realidad obtenemos una reducción en tiempo de ciclo casi igual a la reducción en distancia. Aproximadamente 1/3 del TC de la ruta original.
- La velocidad operacional se mantiene igual que para la ruta original.
- La velocidad operacional es la que el usuario percibe por lo que el cambio en la ruta que estamos realizando no va a tener un efecto notable para el usuario ya que sigue percibiendo la misma velocidad en el sistema.
- La velocidad comercial total para la ruta resultó un poco menor. La diferencia entre la velocidad comercial de la ruta original y esta no es mucha.
- El numero de pasajeros por viaje disminuyó en comparación con de la ruta original. Podemos decir que se esta ofreciendo un mejor servicio ya que hay menos pasajeros por cada viaje o sea se esta logrando una mayor comodidad para los usuarios. También podemos inferir de este resultado que como la frecuencia es mayor las personas están esperando menos tiempo por las guaguas y no hay tanta acumulación de personas para un viaje.
- Comparando la frecuencia obtenida de esta ruta con la anterior, la frecuencia para la nueva ruta es mayor. A una mayor frecuencia, menos espera en las paradas y menos personas se acumulan en las paradas, lo que es indicativo de un mejor servicio.
- Si calculamos la capacidad de pasajeros para ambas situaciones para la situación actual promediando los 5 viajes,  $Q_{pax} = 600$ ; mientras que para la nueva situación  $Q_{pax} = 900$ . Esto quiere decir q ahora el sistema tiene una capacidad mayor lo que significa que puede transportar una mayor cantidad de pasajeros por hora ya que tiene una frecuencia mayor y los índices de renovación también aumentaron.
- El nivel de servicio en base a carga mejoro notablemente, de una ruta funcionando en  $NS=F$  a  $NS=C$ . Esto provee mucha mas comodidad ya que indica que todos los pasajeros tendrán asiento, y sino podrán estar de pie cómodamente.





## IMPACTO DE LA NUEVA RUTA A TREN URBANO

Estimado del impacto en la demanda del Tren Urbano:

Para horas pico de la mañana (7am – 10 am)

- 546 pasajeros / hora

Horas valle (10 am – 3 pm)

- 708 pasajeros / hora

Horas pico de la tarde (3 pm – en adelante)

- 462 pasajeros / hora

El impacto de la nueva ruta afecta positivamente a Tren Urbano ya que ayuda a aumentar el patrocinio. El usuario no se ve afectado en términos económicos ya que a pesar de que la tarifa en el tren es el doble que la de MI los usuarios tienen la oportunidad de realizar transferencias a los otros sistemas sin costo adicional. Además existe el pase de 90 días por 90 dólares el cual es muy beneficioso para usuarios frecuentes, y estaría haciendo uso ilimitado del tren por solo \$1.00 diario lo cual lo hace sumamente competitivo en términos económicos con MI.



## CONCLUSIÓN

---

Basado en el estudio realizado y el análisis de los datos obtenidos podemos concluir que la modificación de rutas de guaguas afectaría positivamente el servicio que ofrecen las mismas, al mismo tiempo que son una forma de ayudar al Tren Urbano a recibir más usuarios. El eliminar segmentos de rutas que son paralelos a la alineación del Tren Urbano lleva a los usuarios del transporte colectivo a realizar transferencias entre sistemas y de esta forma impulsar al usuario a hacer más uso del Tren Urbano.

El cambio en la ruta MI resulta en aumento en el nivel de servicio de esta. Ya sea en términos de frecuencia o de carga, así también en comodidad y confiabilidad. Aumenta también la capacidad del sistema ya que podría transportar una mayor cantidad de pasajeros por hora.

En la guagua, el recorrido de Sagrado Corazón a Río Piedras toma entre 32 – 37 minutos aproximadamente, mientras que en el Tren Urbano toma 9 minutos. Esta es una de las ventajas que el usuario puede encontrar. Estamos transfiriendo a los usuarios a un sistema que ofrece una notable reducción en tiempo, un viaje más cómodo y placentero, y una confianza excelente en los itinerarios.

Tren Urbano es más rápido que MetrobusI. En las horas pico las guaguas se retrasan por la congestión vehicular, mientras que Tren Urbano no tiene que enfrentarse a esa situación. Es por esto que Tren Urbano es más confiable. El *headway* de Tren Urbano es regular y preciso, mientras que en MI no ya que son muchos los factores externos que afectan el recorrido. Tren Urbano también tiene más capacidad que MI. Por lo que es más probable encontrar un lugar cómodo para el viaje, en un ambiente más tranquilo.

En cuando a las distancias a pie, las distancias entre estaciones del Tren Urbano no son excesivas, por lo que proveen cómodas y excelentes distancias peatonales.



## RECOMENDACIONES

---

- ATI debe realizar estudios de reestructuración de rutas para todas las que se encuentran paralelas a segmentos de Tren Urbano ya que el efecto positivo se ve reflejado tanto para el sistema de guaguas como para el sistema de tren.
- Observando los resultados de los cálculos realizados tanto para la situación actual como para la nueva situación podemos notar que el nivel de servicio basado en la frecuencia se mantiene en A para ambas. La diferencia es que para la nueva situación obtenemos frecuencias más altas si utilizamos el mismo número de vehículos que se utilizan actualmente. Para la nueva situación se puede disminuir el número de vehículos a 6 o 7 y aun así cumple con la frecuencia necesaria para trabajar bajo un nivel de servicio de A.  
Entonces ese número de guaguas que ya no estamos utilizando las podemos ocupar en la creación de rutas nuevas cortas que atiendan puntos de interés con la idea de la transferencia a estaciones del Tren Urbano.  
Estudiando el mapa de rutas de la AMA y tomando en consideración la opinión de los mismos usuarios se presentan las siguientes alternativas:
  - Centro Medico - Rio Piedras – San Patricio - Centro Medico
  - Hato Rey - Plaza las Américas
  - Parada 18 – Plaza Las Américas – Hato ReyOtras pueden ser estudiadas y consideradas.
- También deben crear nuevas paradas ubicadas exactamente en las diferentes estaciones del Tren Urbano.



## **REFERENCIAS**

---

Departamento de Transportación y Obras Públicas

<http://www.dtop.gobierno.pr>

Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2nd Edition

<http://www.trb.org>

Transit Data Collection Design Manual, Multisystems, Inc.,  
June 1985, pag.19-38.

Autoridad Metropolitana de Autobuses

<http://www.dtop.gov.pr/ama/ama.htm>



## RECONOCIMIENTOS

---

- Dr. Didier Valdés – Profesor Programa UPR-PUPR-ATI
- Dr. Sergio González – Profesor Dpto. Ingeniería Civil UPRM
- Dr. Jaime Gutiérrez – Profesor Programa UPR-PUPR-ATI
- Dr. Benjamín Colucci – Director del Programa UPRM-PUPR-ATI
- Ing. Gisela González – Asistente Coordinador Programa UPR-PUPR-ATI