



**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

## **ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL BRT: LEVITTOWN – BAYAMÓN**

Sometido por:

Jessica N. Albino, Estudiante Sub-Graduado  
nannette23@gmail.com  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Universidad de Puerto Rico – Mayagüez

Josué A. Plúñez, Estudiante Sub-Graduado  
josueap@gmail.com  
Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura  
Universidad de Puerto Rico – Mayagüez

Consejeros:

Sonia Bartolomei, PhD  
sonia@ece.uprm.edu

Benjamín Colucci, PhD, PE, PTOE  
bcolucci@uprm.edu

Sometido a:

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

Mayo 2006



**TABLA DE CONTENIDO**

Tabla de Contenido .....	i
Objetivos .....	1
Evaluación de Encuestas .....	2
Evaluación de Ruta .....	7
SEGREGACIÓN .....	8
ALTERNATIVAS .....	12
FACTORES .....	13
EVALUACIÓN DE FACTORES .....	17
RESULTADOS .....	21
ESTUDIO AMBIENTAL .....	22
Carros Públicos .....	23
Redistribución Tiempo y Alcance .....	26
Fases Futuras .....	26
Conclusión .....	27
Referencias .....	28
Apéndices .....	29



## **OBJETIVOS**

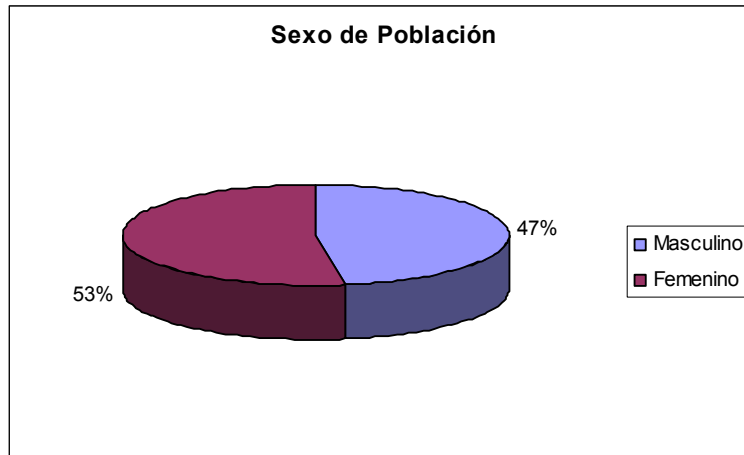
Como parte del desarrollo de este estudio se desea plantear los siguientes argumentos:

- Establecer un sistema de BRT de Levittown a Bayamón, estudiando aspectos tales como: ambiental, social, modelos y rutas a considerarse y costo efectividad.
- Que este estudio sirva de base para futuros proyectos del sistema, en el área tales como, diseño entre otros.
- Identificar función de carros Públicos en el sistema BRT o en el BRT a estudiarse.
- Realización de encuesta para ver perspectiva de la comunidad.
- Experimentar la labor de un equipo multidisciplinario, integrando y aportando los conocimientos que cada uno posee.
- Establecer ruta entre Levittown-Bayamón para la operación del sistema.
- Evaluación de alternativas para tomar la mejor ruta por donde pasara el BRT.

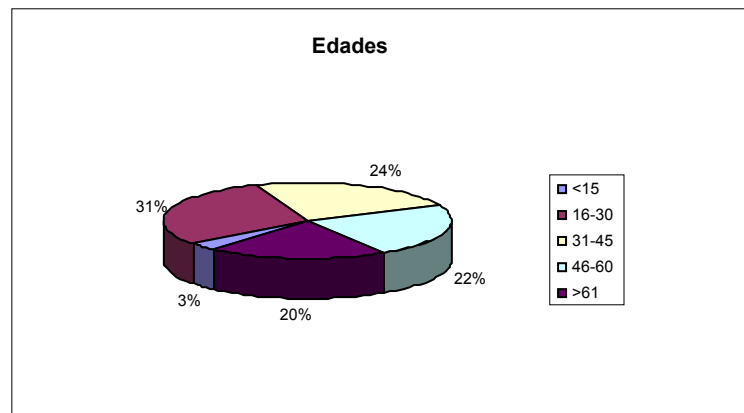


**EVALUACIÓN DE ENCUESTAS**

Según los datos recopilados del Censo del 2000 muestra que esta comunidad consta de alrededor de 30,140 habitantes. Esto nos deja ver que es una comunidad donde surgieran mejoras en el sistema de transportación colectiva seria significativo. En las graficas 1 y 2 se presentarán los hallazgos pertinentes a la comunidad dependiendo del sexo y edad.



Gráfica 1: Porcentaje de personas por sexo



Gráfica 2: Porcentaje de personas por edades

Estos datos nos dan una perspectiva de cómo es que se subdivide la comunidad a la cual se estuvo estudiando. Tomando éstos como base nos basamos para determinar el tamaño de muestra a ser considerado para llevar a cabo la encuesta. Sabemos que para que un estudio sea exitoso debe haber una buena confiabilidad y a su vez este debe tener un error mínimo. Como parte de esta investigación se determinó un tamaño de 86 personas, para una confiabilidad de 90% y un error aleatorio de 5%; que indica cuanto nos estaremos alejando de los resultados del promedio que se espera que utilicen el



sistema. Esta proporción se tomó como el porcentaje de la población que se espera utilicen el sistema de transporte. A medida que se aumente el número de personas disminuye el error de nuestro estudio.

Para estimar la cantidad de personas ha ser encuestadas se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 * p * q}{a^2}$$

donde:

- n = tamaño de muestra
- a = tamaño de error absoluto que se permitirá de la muestra
- $\alpha$  = nivel de confianza de la muestra
- p = proporción de persona que se espera que utilicen el sistema
- q = 1-p

Se utiliza la tabla de la Z ya que los datos exceden los 30 datos por lo que se puede inferir un comportamiento normal. Para este estudio como no tenemos una cantidad de personas que se esperan que utilicen el sistema lo que decidimos fue utilizar el valor de  $a$ ,  $z_{\alpha/2}$  y el parámetro de  $p$  se estimó de datos recopilados por el censo de la oficina de planificación de las personas de cómo se transportan. Según el Censo del 2000 el valor total de la población de Levittown es de 30,140 personas Este indica que el total de personas que utilizan medios transporte como transportación pública y otros para llegar a su trabajo lo cual son 2,626. La gráfica que se mostrará a continuación muestra la proporción de personas respecto a las 2,626. La siguiente tabla muestra como se dividen las personas utilizando diferentes medios de transportación.

Tabla 1: Medios de transporte utilizados

Medio de Transporte	Número de Personas
Pon	1,987
Transportación Pública	448
Caminando	191



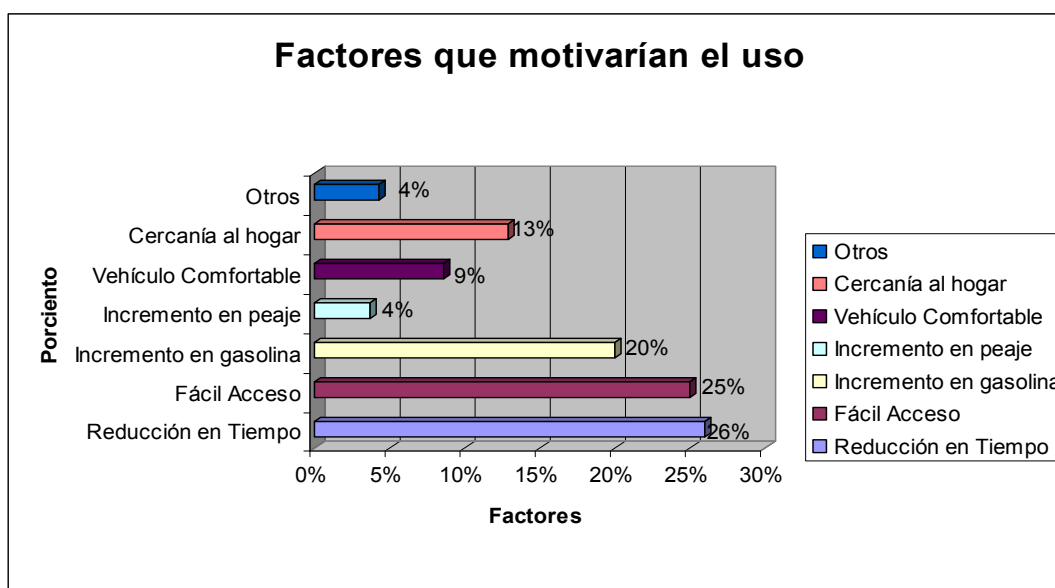
La siguiente tabla muestra los valores de los parámetros de la ecuación que fueron utilizados para determinar el tamaño de muestra.

Tabla 2:

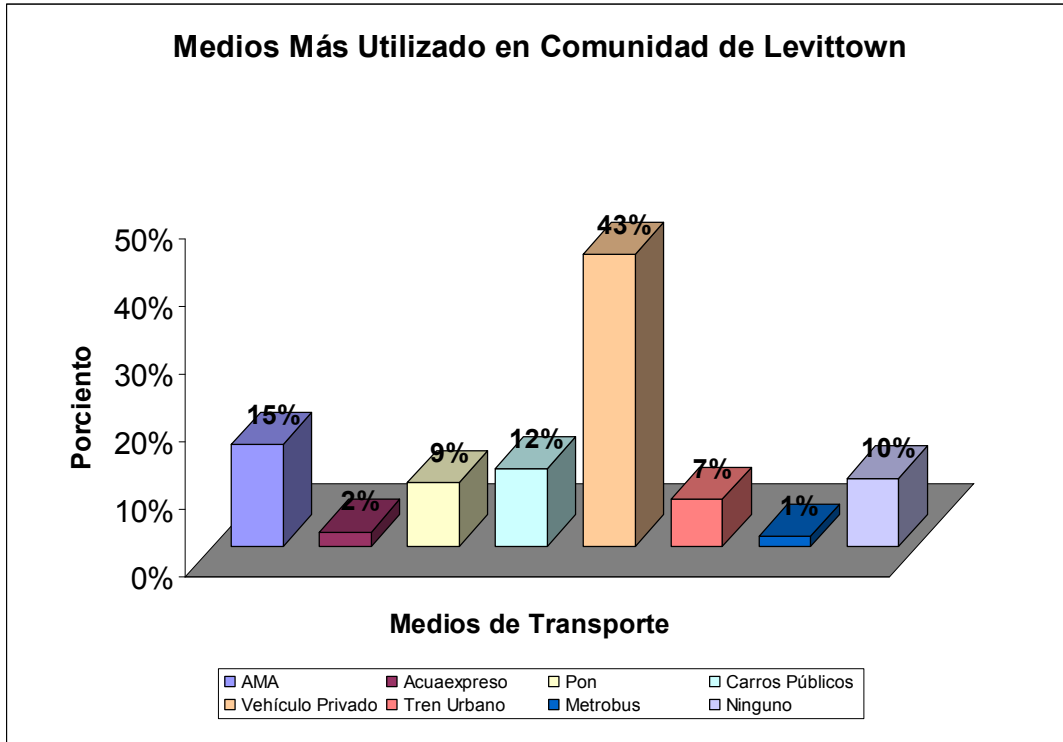
Proporción de personas que se esperan utilicen el sistema	1- Proporción de personas que se esperan utilicen el sistema	$Z_{\alpha/2}$	Error absoluto al cuadrado	$n$
0.087525	0.912475	2.6896	0.0025	86

La encuesta tiene como motivo encontrar tres factores. Uno es identificar las cualidades sociales de esta comunidad, como lo es lugar de residencia dentro de la comunidad y condiciones físicas. Segundo, como se utiliza el servicio en la actualidad y cual es su percepción respecto a este. Tercero, si es necesario mejorar la movilidad hacia Bayamón y que factores los ayudaría en la toma de decisión para utilizar un sistema de transporte público. (Formulario véase los apéndices).

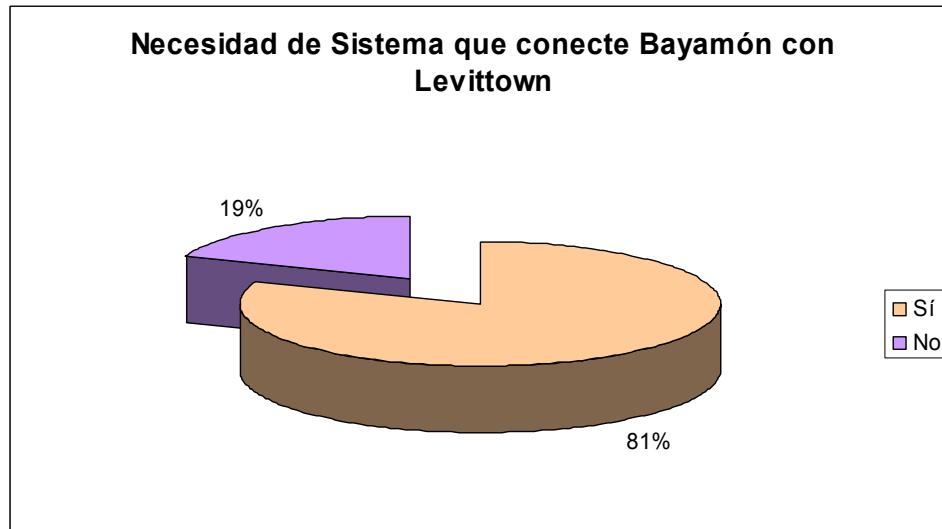
Las siguientes gráficas (3-5) muestran información valiosa en este estudio. Esta ayuda a las personas a brindar una visión más real de lo que la población utiliza y lo que esta quiere en un futuro.



Gráfica 3: Factores que motivarían el uso de transporte público



Gráfica 4: Medios de transporte más utilizados por la comunidad



Gráfica 5: Necesidad de sistema que conecte a Bayamón con Bayamón

Este estudio dejó claro la perspectiva de la comunidad estudiada (Levittown-Bayamón). Al finalizar la actividad de encuestas se terminó con una cantidad de 99 personas encuestas. Cuando se realizan estudios cabe aclarar que no se está trabajando con el 100% de la población, esto trae consigo el tener que determinar que error tiene el estudio y de ser así aumentar la cantidad de personas a estudiar, o sea, el número de muestras. En este caso se estableció el error relativo de 5%, una confiabilidad de 90%. Si



se tiene el número de muestras podemos determinar el error de esta encuesta, la siguiente

fórmula muestra el cómputo de error  $Error = \frac{a}{p}$ . Con las 86 personas el error del estudio

era de 57.1% en comparación con la cantidad que se utilizó realmente revela que el error del estudio es de 48.5%. Se puede observar que a medida que aumenten las personas a encuestar el error disminuye, es por esto que se recomienda que para investigaciones futuras se aumenten las personas a encuestar para así reconocer con mayor certeza lo que opina la comunidad total.

La perspectiva general sobre el sistema público en el área de Levittown es los períodos de tiempos de espera tan altos a lo que deben soportar las personas para que sean atendidos por la AMA. Debido a que la estación más cercana en el área es la de AMA, las personas comentaron que se necesitaba una mayor cantidad de guaguas ya que la cantidad que hay actualmente no brinda un mejor servicio y esto trae consigo unas demoras mucho más amplias. Una de las recomendaciones de las personas fue que se extendieran los horarios ya que muchas veces se han visto en la necesidad de utilizar el sistema y este no está disponible. Por otro lado una representación limitada comentó que el sistema era uno muy bueno y eficiente ya que ellos saben que el tráfico es muy grande y no pueden construir un sistema para las guaguas solamente ya que esto traería unos costos muy altos para el pueblo. Por último las personas están en total acuerdo que se establezca un sistema que movilice la comunidad de Levittown a Bayamón ya que actualmente esta no existe y para llegar a Bayamón se tiene que desviar a San Patricio desde la AMA y/o llegar a Cataño o Sabana Seca para ser atendidos por Carros Públicos.





## **EVALUACIÓN DE RUTA**

En la actualidad la comunidad de Levittown, Toa Baja se comunica con Bayamón por la Avenida Comerío o PR-167. La Avenida Comerío (PR-167) cuenta con 3 carriles por dirección con zonas intermitentes que tiene medianas. A la vez esta representa un área de una enorme congestión vehicular (AADT que fluctúa en ese corredor de valores de 45,200 hasta 57,900 vehículos/día). El limitado espacio disponible para expansiones debido al desarrollo y limitaciones físicas por accesos a centros comerciales, vivienda entre otras, así como que la autopista José de Diego (PR-22) limita también su espacio.

Por estas últimas razones se analizo el área para ver si existe otra forma de acceder a Levittown desde Bayamón con una distancia similar a la existente. Por medio de mapas, preguntas a residentes del área y fotos aéreas se pudo identificar otra zona como posible acceso para comunicar a ambos sectores. Este es la Marginal Río Hondo que atraviesa de forma paralela a la PR-167 y al Canal de Bayamón todo la parte occidental del municipio de Cataño. La Marginal de Río Hondo fue creada para obras como la canalización y la construcción de la PR-22 como carril para obras de construcción. Esta es accesible desde Bayamón por la PR-5 en el sector Industrial Luchetti y por Levittown por la PR-165. Adicional a esto es importante recalcar que esta vía no esta en uso lo que es una vía libre.

El conocer el tipo vía por el cual el sistema de BRT puede operar es mayor factor a considerarse en la planificación de un sistema de BRT. Al identificar estas dos áreas o vías de tránsito es importante conocer que tipo de segregación están existentes para el establecimiento de un BRT.



## SEGREGACIÓN

El nivel de segregación es el primer parámetro necesario para la planificación de la vía de tránsito de un sistema de BRT. Estas segregaciones van del orden desde la operación del sistema con ninguna separación de otros vehículos hasta una separación total del derecho de vía dando la exclusividad al sistema de BRT. Cada tipo de segregación viene acompañado de unos beneficios tales como:

- Costo de construcción
- Velocidad de operación del sistema
- Seguridad
- Ahorro de tiempo de viaje
- Confiabilidad

A continuación se explicará los diferentes tipos de segregación de vías de tránsito y una descripción de cada uno de ellas.

### 1. Carriles con flujo vehicular compartidos

Este tipo de segregación cuenta con dos vertientes:

#### a) Carriles de flujo vehicular compartido sin mejoras

Estas son el tipo de segregación más simple de un sistema de BRT. En Puerto Rico observamos este tipo de segregación para el uso de guaguas de la AMA. Esta alternativa no representa un costo de construcción debido a que se están utilizando vías de tránsito existentes. Esta representa la alternativa menos confiable, menos segura debido a la interacción con otros vehículos, menor velocidad operacional y la que puede generar los mayores retrasos en tiempo.

#### b) Carriles de flujo vehicular compartido con circunvalación de congestión.

Este tipo de segregación representa pequeños cambios en la geometría existente, haciendo que sea aumentado en puntos en los cuales se genera congestión vehicular tales como intersecciones. Este puede ser exclusivo para el BRT como puede ser compartido con otros vehículos como carril de viraje. En la mayoría de aplicaciones a esta segregación se utiliza prioridad en la señal para poder avanzar sin mayores demoras. El



costo de construcción es en base a las secciones de circunvalación de congestión a establecerse con un costo aproximado de \$100,000 a \$290,000 por cada sección. Este costo puede ser menor si existe el espacio y solo a que re-enfocar el nuevo uso.



Figura 1 : AMA zona de Levittown: Carriles flujo vehicular compartido

## 2. Carriles Arteriales Reservados

Son vías de tránsito existentes en el cual se separa un carril de este para uso de un sistema. Este puede ser según el flujo vehicular o contra flujo. El contra flujo reduce la posible ocupación de este carril por otros vehículos y reduce las posibles demoras que puedan ocurrir en intersecciones. De ser seleccionada el que sigue el flujo es importante identificar claramente la zona a ser segregada y debe recibir el apoyo de autoridades para asegurar que no se cambie la utilización de este.

Esta alternativa es la más confiable de las que tienen flujo vehicular compartido. Este tipo de segregación puede ser compartido con otros vehículos, estos serían lo que se conoce como HOV (vehículos con una ocupación alta, según siglas en inglés) o virajes. Aunque puede ser que ocurran unos cambios menores en aumentar la demora, seguridad y confiabilidad al tener interacción con otros vehículos. El costo de construcción es de \$2.5 a \$2.9 millones por milla carril, este costo no incluye la adquisición del carril.



Figura 2: Primera Fase del Boston Silver Line: Carril Arterial Reservado

### 3. Carriles a nivel

Existen dos vertientes de esta segregación:

#### a) Carril Estándar

Son corredores urbanos creados o existentes disponibles para la construcción de la infraestructura para uso exclusivo de vehículos de tránsito. Estos ofrecen una el potencial de tener altas velocidades de operación, alta seguridad debido a la separación con el tráfico y una confiabilidad mayor, eliminando con esto el que el sistema tenga que interactuar en la mayor parte con tráfico vehicular.



Figura 3: East Busway, Pittsburg: Carril Estándar

#### b) Carril Bi-direccional

Espacio con un ancho suficiente como para acomodar un carril que vaya en las dos direcciones. En frecuencias operacionales de servicio baja, este carril tiene las mismas ventajas que dos carriles exclusivos, en frecuencias altas, se requiere de una coordinación en el itinerario de operación y señalización para asegurar la operación del sistema de forma segura.



Para ambos casos el costo de construcción es de \$6.5 a \$10.2 millones por milla-carril. Esto sin incluir adquisición de carril.



Figura 4: Concepto de BRT en Oregon: Bi-direccional

#### 4. Carril Exclusivo

Este es la segregación con el nivel de separación mayor. Este puede estar con un carril solo actuando como si fuera las vías de un tren o ir paralelo, en el centro o por debajo de una vía principal. Este permite que el sistema de BRT opere a la velocidad máxima de operación de forma segura, el mayor ahorro de tiempo por viaje, el más confiable y con el grado mayor de seguridad. Esto porque esta totalmente separado del tráfico vehicular. El costo de construcción esta entre los \$12 a \$30 millones por milla-carril. Esto sin incluir adquisición de carril.



Figura 5: East Busway, Pittsburg:Carril Exclusivo



## ALTERNATIVAS

Conociendo los tipos de segregación existentes y las rutas para conectar la comunidad de Levittown con Bayamón podemos entonces establecer las alternativas a evaluar. Para tener una mayor percepción sobre esto se tomará en cuenta 4 alternativas. Dos de ellas es respecto a la Avenida Comerío (PR-167) con diferentes grados de segregación, una con Marginal Río Hondo y el no hacer nada. La descripción de estas se ofrecerán a continuación:

- **Alternativa 1- Avenida Comerío (PR-167) con Carriles Bi-direccionales**

Se utilizará la PR-167 con segregación de carriles “at-grade”. Dentro de “at-grade” se escoge los carriles bi-direccionales ya que estos requieren de un espacio menor. Esto debido a las limitaciones existentes en esa vía.

- **Alternativa 2- Avenida Comerío (PR-167) con Carriles Arteriales Reservados**

Se utilizará la PR-167 con segregación de carriles arteriales reservados, esto porque la infraestructura vial ya existe y solo se separaría el carril en el cual operará el sistema.

- **Alternativa 3- Marginal Río Hondo con Carril Exclusivo**

Se utilizará la marginal de Río Hondo debido a que es un camino existente el cual en la actualidad no es utilizado como vía de tráfico por vehículos.

- **Alternativa 4 – No Hacer Nada**

Esta alternativa lo que representa es no establecer una mejora a las vías para tener la operación. Esto es el equivalente a tener un sistema operando a una segregación de carriles con flujo vehicular compartido sin mejoras.



## **FACTORES**

El método para evaluar estas alternativas será el de un análisis de factores. Estos factores tienen el objetivo de identificar unos aspectos esenciales para el establecimiento de la ruta de un sistema de BRT. Los factores a considerarse con una descripción son los siguientes:

### **1. Desarrollo y uso de Terreno**

Debido a la implementación de un sistema de transportación pública eficiente incentiva el desarrollo del uso de esas zonas. Si el sistema motiva el que se reactive o se crean facilidades este entonces esta activando la economía y el desarrollo del área. Entre algunos de los elementos importantes dentro de este factor esta el de se puedan crear estacionamiento satélites, paseos lineales, incrementar locales con fines privados y/o públicos, y promover la biodiversidad. Utilizando estos elementos es que entonces se tomará en cuenta el valor que obtendrá cada alternativa.

Excelente – Crea o incentiva los 4 elementos.

Bueno – Crea o incentiva 3 de estos elementos.

Satisfactorio – Crea o incentiva 2 de estos elementos.

Deficiente – Crea o incentiva 1 de estos elementos.

Malo – No crea o incentiva estos elementos.

### **2. Impacto Ambiental**

En Puerto Rico el impacto ambiental es un tema con mucha relevancia debido a que este factor esta también regulado por ley. La “Ley sobre Política Pública Ambiental” (Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004), establece que todo proyecto o propuesta que envuelva el desarrollo de un área debe tener una declaración de impacto ambiental. En nuestro caso para evaluar las alternativas se identificaron dos sub-factores, uno es zona inundaciones y el otro es la calidad del aire. Cada sub-factor tendrá un peso de 2 de los 4 que representa ser excelente. Esto debido a que la suma de estos sub-factores de con la cantidad de excelente si la alternativa a ser considerada cumple con un grado de excelencia.



a. Zona Inundable

Se utilizaron mapas de la Administración de Valles Inundables de Puerto Rico, como datos de referencia. En estos mapas se indican las áreas más susceptibles a inundaciones. Y como las dos alternativas se encuentran en las cercanías del Río Bayamón y Río Hondo es necesario identificar su grado de inundación. Estos grados de inundación están identificados por zonas. Estas zonas son:

Zona AE = Elevación de base de inundación determinada.

Zona X = Áreas con 0.2% de probabilidad anual de inundación, Áreas con 1% probabilidad anual de inundación, con profundidades promedio de menos de 0.3m o con drenaje menor de 2.6 km<sup>2</sup>, y áreas protegida con “leeves” del 1% probabilidad anual de inundación.

Zona Libre = No es susceptible a inundación.

Tabla 3: Peso a cada zona tomando en cuenta 5.8 km de distancia

	<b>Peso</b>
<b>Zona Libre</b>	<b>0.34</b>
<b>Zona X</b>	<b>0.23</b>
<b>Zona AE</b>	<b>0.11</b>

Con las distancias obtenidas de los mapas según la zona se multiplicará por el peso para determinar su valor. La zona libre representa la zona de excelencia. Es por esto que el valor normalizado obtenido de 5.8 km por 0.34 da un total de 2 puntos. La zona X representa 2 / 3 partes del valor de la zona libre y la zona AE representa 1 / 3 parte de la zona libre.

b. Calidad de Aire

Se utilizó la tabla 4.1 de la Junta de Calidad Ambiental como base de referencia acerca de los posibles problemas que pueden sufrir la ciudadanía al afectarse debido a que durante la construcción se genera Materia Particulada (PM<sub>10</sub>). Esta Son partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire con un tamaño hasta 10 micrones: están son el polvo, hollín, etc. Los mismos son producto de fuentes como vehículos de motor, incineración, fertilizantes y pesticidas, construcción, quema agrícola y procesos industriales. La exposición a este contaminante puede causar síntomas de asma, irritación de ojos, nariz y garganta.





Tabla 4: Posibles efectos a la salud

<i>Nivel/Valor</i>	<i>Población Afectada</i>	<i>Efectos a la Salud</i>	<i>Aviso</i>
<b>Bueno 2</b>	Grupos sensitivos con problemas respiratorios.	Ninguno	Ninguno
<b>Moderado 1.5</b>	Grupos sensitivos con problemas respiratorios.	Algunos individuos podrían ser afectados y deben considerar los efectos a la salud de acuerdo al contaminante.	Ninguno
<b>Insalubre a grupos sensitivos 1</b>	Grupos sensitivos con problemas respiratorios.	Algunos individuos pueden ser más sensitivos a algunos contaminantes. El público en general no necesariamente puede ser afectado.	Ninguno
<b>Insalubre 0.5</b>	Grupos sensitivos con problemas respiratorios y población en general.	Aumenta y agrava los problemas respiratorios en grupos sensitivos y causa efectos a la salud a niños y ancianos	Personas con problemas respiratorios, evitar actividades al aire libre. Niños y ancianos limitar sus actividades al aire libre.
<b>Bien Insalubre, Peligroso 0</b>	Grupos sensitivos con problemas respiratorios y población en general.	Aumenta y agrava los problemas respiratorios en grupos sensitivos y causa efectos a la salud al público en general.	Personas con problemas respiratorios, niños y ancianos evitar actividades al aire libre y público en general limitar sus actividades.

Para determinar este factor se sumó la puntuación de ambas categorías y se agrupo en estos rangos.

Excelente – Valor de 4 - 3.2

Bueno – Valor de 3.19 - 2.4

Satisfactorio – Valor de 2.39 - 1.6

Deficiente – Valor de 1.59 - 0.8

Malo – Valor de 0.79 – 0

### 3. Costo

En este factor se utilizó como referencia los costos que implica cada segregación por milla-carril como base de referencia.

Carril Arterial Reservado = \$2.5-\$2.9 millones por milla-carril

Carril a Nivel = \$6.5-\$10.2 millones por milla-carril

Carril Exclusivo = \$12-\$30 millones por milla-carril



Estos valores fueron obtenidos según el caso era más crítico, que es 4 millas por 2 carriles por el costo de referencia. Luego se hizo una

Excelente – < \$17.5 millones

Bueno – \$17.51 - \$45.43 millones

Satisfactorio – \$45.5 - \$83.99 millones

Deficiente – \$84 - \$209.9 millones

Malo – > \$210 millones

#### 4. Seguridad

En este factor se utilizó como referencia la seguridad que provee cada segregación.

Excelente – Carril Exclusivo

Bueno – Carril a Nivel – Carril Estándar

Satisfactorio – Carril a Nivel – Carril Bi-direccional

Deficiente – Carriles Arteriales Reservados

Malo – Carriles compartidos con flujo vehicular

#### 5. Tiempo de viaje ahorrado

Este valor es el tiempo ahorrado según la segregación.

Excelente – Mayor de 5 minutos por milla - Carril Exclusivo

Bueno – De 4 a 5 minutos por milla - Carril Estándar

Satisfactorio – De 3 a 4 minutos por milla - Carril Bi-direccional

Deficiente – De 2 a 3 minutos por milla - Carriles Arteriales Reservados

Malo – Menor de 2 minutos por milla - Carriles compartidos con flujo vehicular

#### 6. Usuarios

Usuarios quiere decir la población que habitan hoy día por las posibles rutas planteadas. Este dato se tomó en base del Censo 2000 tomando en cuenta la población de la comunidad de Levittown y la de Río Hondo, entre otros.

Excelente – Mayor de 56,000 habitantes

Bueno – 42,000 a 55,999 habitantes

Satisfactorio – 28,000 a 41,999 habitantes

Deficiente – 14,000 a 27,999 habitantes

Malo – Menor de 13,999 habitantes



### EVALUACIÓN DE FACTORES

La evaluación de factores es darle el valor que obtuvo cada factor a cada alternativa. Se utilizará la siguiente escala para darle un valor numérico a este, este es:

Excelente – 4

Bueno – 3

Satisfactorio – 2

Deficiente – 1

Malo – 0

- **Alternativa 1- Avenida Comerío (PR-167) con Carriles Bi-direccionales**

1. Desarrollo de Terreno – (Bueno) – Promueve el desarrollo, pero carece de espacio para instalaciones como paseos lineales.
2. Impacto Ambiental – (Satisfactorio)

- Zona Inundable

Zona Inundable	Peso	Alt 1	
Zona Libre	0.34	0.09 km	0.03
Zona X	0.23	4.17 km	0.96
Zona AE	0.11	0.17	0.17
			1.16

- Calidad de Aire

Calidad de Aire	Peso	Alt 1
Bueno	2	
Moderado	1.5	
Insalubre a grupos sensitivos	1	x
Insalubre	0.5	
Bien Insalubre y Peligroso	0	

$$\text{Impacto Ambiental} = 1.16 + 1 = 2.16$$

3. Costo – (Bueno) – \$6.5 millones ( 4 millas) = \$ 33.4 millones
4. Seguridad – (Satisfactorio) – Por ser Carril Bi-direccional
5. Tiempo de viaje ahorrado – (Satisfactorio) - De 3 a 4 minutos por milla por ser Carril Bi-direccional



6. Usuarios – (Excelente) – Comunidad de Levittown + Comunidad de Río Hondo =  
 $39,326 + 30,140 = 69,466$  habitantes

• **Alternativa 2 - Avenida Comerío (PR-167) con Carriles Arteriales Reservados**

1. Desarrollo de Terreno – (Satisfactorio) – Promueve cierto grado de desarrollo, pero carece de espacio para instalaciones como paseos lineales, y no incentiva el desarrollo de locales.

2. Impacto Ambiental – (Bueno)

a. Zona Inundable

Zona Inundable	Peso	Alt 1	
Zona Libre	0.34	0.09 km	0.03
Zona X	0.23	4.17 km	0.96
Zona AE	0.11	0.17	0.17
			<b>1.16</b>

b. Calidad de Aire

Calidad de Aire	Peso	Alt 2
Bueno	2	
Moderado	1.5	x
Insalubre a grupos sensitivos	1	
Insalubre	0.5	
Bien Insalubre y Peligroso	0	

Impacto Ambiental =  $1.16 + 1.5 = 2.66$

3. Costo – (Bueno) – \$2.7 millones ( 4 millas) (2 carriles) = \$21.6 millones

4. Seguridad – (Deficiente) – Por ser Carril Arterial Reservado

5. Tiempo de viaje ahorrado – (Deficiente) - De 2 a 3 minutos por milla por ser Carril Arterial Reservado

6. Usuarios – (Excelente) – Comunidad de Levittown + Comunidad de Río Hondo =  
 $39,326 + 30,140 = 69,466$  habitantes



• **Alternativa 3- Marginal Río Hondo con Carril Exclusivo**

1. Desarrollo de Terreno – (Excelente) – Promueve el desarrollo de estas instalaciones.
2. Impacto Ambiental – (Satisfactorio)
  - a. Zona Inundable

Zona Inundable	Peso	Alt 3	
Zona Libre	0.34	0.0 km	0.00
Zona X	0.23	2.78 km	0.69
Zona AE	0.11	3.02 km	0.31
			1.00

b. Calidad de Aire

Calidad de Aire	Peso	Alt 3
Bueno	2	x
Moderado	1.5	
Insalubre a grupos sensitivos	1	
Insalubre	0.5	
Bien Insalubre y Peligroso	0	

$$\text{Impacto Ambiental} = 1.0 + 2 = 3$$

3. Costo – (Deficiente) = \$12 millones ( 3.6 millas) = \$43.2 millones  
 = \$30 millones (3.6 millas) = \$108 millones  
 Costo promedio = \$ 75.6 millones (2 carriles) = \$ 151.2 millones
4. Seguridad – (Excelente) – Por ser Carril Exclusivo
5. Tiempo de viaje ahorrado – (Excelente) – Mayor de 5 minutos por milla por ser Carril Exclusivo
6. Usuarios – (Satisfactorio) – Comunidad de Levittown + Otros = 39,326 + 30071\*0.15 + 500 = 35,151 habitantes



• **Alternativa 4—No hacer nada, Carriles de flujo vehicular compartido sin mejoras**

1. Desarrollo de Terreno – (Malo) – No promueve el desarrollo de estas instalaciones.
2. Impacto Ambiental – (Bueno)
  - a. Zona Inundable

Zona Inundable	Peso	Alt 1	
Zona Libre	0.34	0.09 km	0.03
Zona X	0.23	4.17 km	0.96
Zona AE	0.11	0.17	0.17
			1.16

b. Calidad de Aire

Calidad de Aire	Peso	Alt 4
Bueno	2	
Moderado	1.5	x
Insalubre a grupos sensitivos	1	
Insalubre	0.5	
Bien Insalubre y Peligroso	0	

Impacto Ambiental = 1.16 + 1.5 = 2.66

3. Costo – (Excelente) – \$0 millones ( 3.6 millas) = \$0 millones
4. Seguridad – (Malo) – Carriles compartidos con flujo vehicular
5. Tiempo de viaje ahorrado – (Malo) – Menos de 2 minutos por milla por ser Carriles compartidos con flujo vehicular
6. Usuario – (Excelente) – Comunidad de Levittown + Comunidad de Río Hondo = 39,326 + 30,140 = 69,466 habitantes



**RESULTADOS**

Según el análisis de factores con un peso asignado a cada factor encontramos que alternativa es la más viable. En el caso del peso a cada factor se debe indicar que este varía según el acercamiento que se le desee dar. En nuestro caso estamos utilizando el factor de servicio. Este fue determinado por el Profesor Alberto Figueroa, Dr. Benjamín Colucci, Jessica N. Albino y Josué A. Plúñez. Según estos resultados se estableció los factores con mayor peso, es importante indicar que el 16.667% o 17 % representa que todos los factores tienen la misma importancia (este porcentaje se obtiene de la siguiente forma: 6 factores con un valor de 6 como el más importante = 36;  $6 / 36 * 100 = 17\%$ ).

De acuerdo a estos resultados la alternativa más viable es la alternativa 3, la cual nos indica que convertir o crear la Marginal de Río Hondo en un Carril Exclusivo según podemos notar en la tabla 5.

Tabla 5: Evaluación de Alternativas

Factores	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
Desarrollo de Terreno	0.11	3	0.33	2	0.22	4	0.44	0	0.00
Impacto Ambiental	0.14	2	0.28	3	0.42	3	0.42	3	0.42
Costo	0.11	3	0.33	3	0.33	1	0.11	4	0.44
Seguridad	0.08	2	0.16	1	0.08	4	0.32	0	0.00
Tiempo de Viaje	0.14	2	0.28	1	0.14	4	0.56	0	0.00
Población a ser Atendida	0.17	4	0.68	4	0.68	2	0.34	4	0.68
		2.06		1.87		2.19		1.54	



## ESTUDIO AMBIENTAL

La alternativa que resulto más viable es la Marginal de Río Hondo. Este se caracteriza por contar con áreas de humedales ribereños (RZOWH) y humedales emergentes (Palustre Emergente Persistentes inundado temporalmente, PEMIA) estas ocurren donde existe la presencia del marea del mar y su grado de salinidad es de menos de 0.5%. Estas están protegidas por Ley de Protección e Impacto de Humedales de la Sección 404 de la Ley de Agua Limpia y la Sección 10 de la Ley de Ríos y Puertos estas nos indican que se necesita autorización con un estudio para establecer nuevas zonas de humedales por la afectada. La Ley N°23 del 20 de junio de 1972 establece al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales como la agencia a cargo por proteger estas zonas. Con respecto a la fauna y flora el impacto es mínimo ya que el hábitat de estas no serán afectadas debido a que ya existe la infraestructura y estas se componen mayormente de coquíes y caña castilla según ilustrados en las siguientes figura.



Figura 6: a. Coquí, b. Caña de Castilla

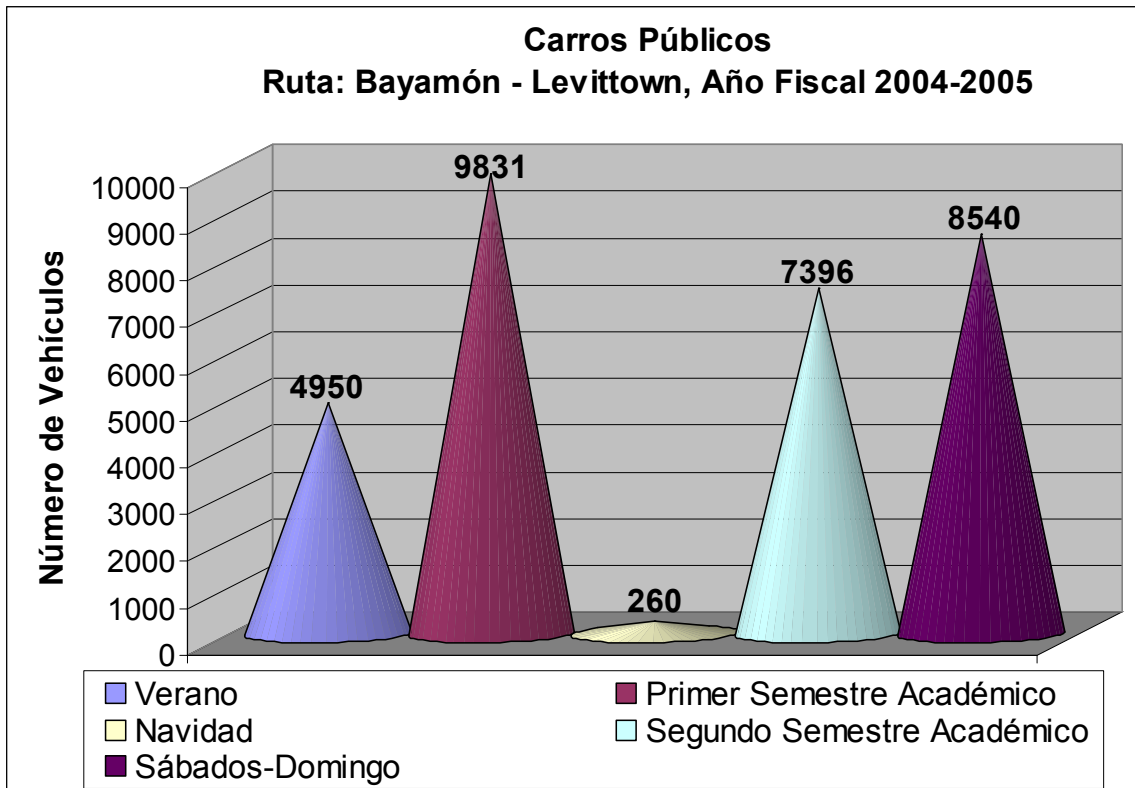
Con respecto a la zona de inundación como ya se analizó anteriormente esta ruta se compone de dos zonas. Estas son: Zona X y Zona AE. Aunque es bueno enfatizar que según el Ing. José M. Lizardi O'Neill (Administrador de Proyectos Ambientales de la Oficina de Estudios Ambientales de la ACT), el cual opinó: "El impacto ambiental en ese acceso es mínimo debido a que es una ruta existente"; adicional comento: "Esa zona no sufre de problemas de inundaciones por el canal debido a la alta elevación de esa carretera". Esta opinión profesional basadas en conocimientos adquiridos por los años de servicios así como proyectos en consideración llego a estas conclusiones.



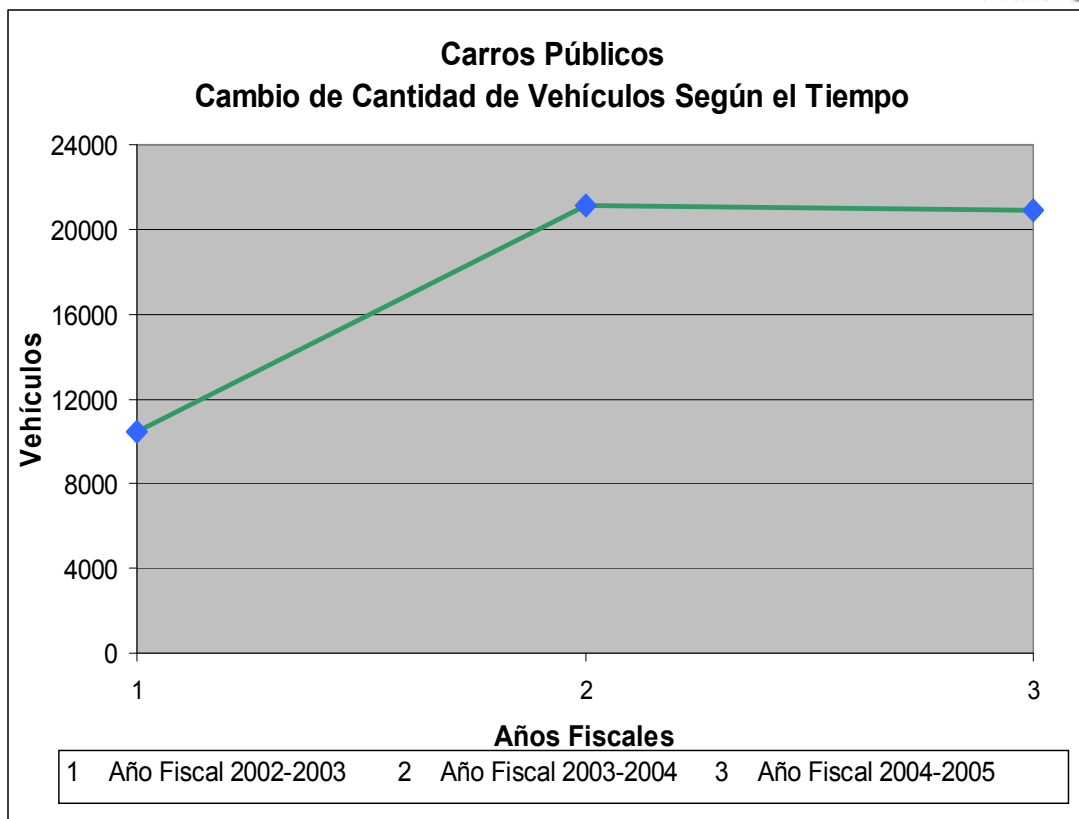


**CARROS PÚBLICOS**

Como parte del estudio se recopiló información sobre los carros públicos que circulan por esa zona, con éstos resultados se comparó la variabilidad que existe en estas rutas existentes de los medios de transporte según el año fiscal 2004-2005. Como parte de este trabajo esta información nos sirve para dejarnos ver como es el movimiento de vehículos por día en el área. En la gráfica 7 se observa el comportamiento de carros públicos según sus períodos de estudios para este año fiscal.



Gráfica 7: Distribución Carros Públicos de Bayamón - Levittown para Año Fiscal 04-05



Gráfica 8: Cambio de Cantidad de Vehículos según el Tiempo

Como la mayoría de los sistemas de transporte público del país se puede notar una tendencia a incrementarse el uso de este sistema para las temporadas en las cuales los estudiantes toman clases. En visitas de campo se pudo constatar que muchas de estas rutas en especial la de Bayamón ha sido cambiada en reducir los viajes a Levittown por las tardes lo que ha implicado una pequeña merma en viajes por consiguiente en usuarios. Estos factores han sido tomados por gastos incurridos en gasolina y menos pasajeros. Según lo puedes constatar en la gráfica 8 en la cual ya ha comenzado ha mostrarse una reducción de 1%.

Los carros públicos son pieza clave en este estudio debido a dos razones:

1. Es el único transporte público que cubre las zonas de Levittown a Bayamón
2. Representa un 7% de los usuarios que utilizan el Tren Urbano, el mayor dentro de los sistemas de transporte públicos.

Estos factores nos ayudan a identificar porque un ciudadano esta utilizando más ese servicio para conectarse con el Tren Urbano que otros, además de otros factores que



mueven a los ciudadanos a utilizarlos. La estructuración de sus rutas, pasajeros ya establecidos así como otros factores nos ayudará a entender que decisiones se deben tomar a la hora de establecer este sistema de BRT. Adicional a esto como se puede asociar el BRT con los carros públicos para beneficio de ambos. El que los porteadores públicos sean los agentes que trabajen directamente con los BRT y el gobierno sea el que ponga la infraestructura y los vehículos, quedándose con una cantidad por milla, le genera ganancia a ambos y se le provee a la ciudadanía una seguridad aún mayor ya que la mayoría de los que estarían el día a día trabajando con el BRT son personas conocedoras del área y los intereses de la población de esa comunidad.



### **REDISTRIBUCIÓN TIEMPO Y ALCANCE**

El cambio del alcance de este trabajo fue leve aunque con unos datos claros. Estos son el de visitas a los municipios de Toa Baja y Bayamón para así conocer que formas existen para financiar un sistema de BRT, así como diseño conceptual de la Ruta. Esto se debió a que se añadió un tema el que no se había contemplado al inicio de este estudio. Este es el análisis de ruta el cual es de suma importancia para el establecimiento de la viabilidad de implantar este sistema en este sector del área Metropolitana de San Juan.

### **FASES FUTURAS**

Como indicamos al principio de este estudio este es solo la primera fase de la evaluación de un sistema de BRT. Este aunque siendo uno abarcador le falta unos elementos lo cual son necesarios para tener un alcance más amplio y uno más preciso. El establecer un BRT conlleva el unir varios factores para crear una unidad que logre el objetivo de la creación de este sistema. Como elementos necesarios que se deben considerar están los siguientes:

1. Plan de Financiamiento (Construcción y Operacional)
2. Análisis y evaluación del vehículo BRT y capacidad que generaría.
3. Los elementos de ITS necesarios para la operación de un BRT
4. El desarrollo de las estaciones (Ubicación, posibles diseños del mismo)
5. Confiabilidad del Sistema del punto de vista operacional
6. Educación y concientización necesaria previo a su operación.
7. Análisis de Ruta dentro de la zona urbana de Levittown



## CONCLUSIÓN

El análisis y evaluación de un BRT de Levittown a Bayamón ha demostrado que es viable. Como se puede apreciar la comunidad de Levittown apoya en 81% según fue encuestada la necesidad de unir estos dos núcleos urbanos. Siendo esta una comunidad que utiliza el transporte público. Además que con el establecimiento de un sistema más eficiente motivaría el desarrollo del área y mejoraría la calidad humana al poder cubrir la necesidad apremiante de brindarle un servicio efectivo. Según nuestros resultados el establecimiento de un BRT por la Marginal de Río Hondo representa un impacto ambiental mínimo a la hora de construirse y un impacto positivo porque puede ayudar a desarrollar proyectos como paseos lineales, además de poder establecer zonas para estacionamientos satélites lo cual reduciría la congestión vehicular.



**REFERENCIAS**

Administración de Valles Inundables de PR, <http://www.avipr.com/mainmap.htm>

Junta de Calidad Ambiental, <http://www.prtc.net/~jcaaqs/Index.html>

Federal Transit Administration, “Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making”, Agosto 2004, [http://www.fta.dot.gov/2340\\_16085\\_ENG\\_HTML.htm](http://www.fta.dot.gov/2340_16085_ENG_HTML.htm)

U.S. Census Bureau, <http://factfinder.census.gov>



## APÉNDICES



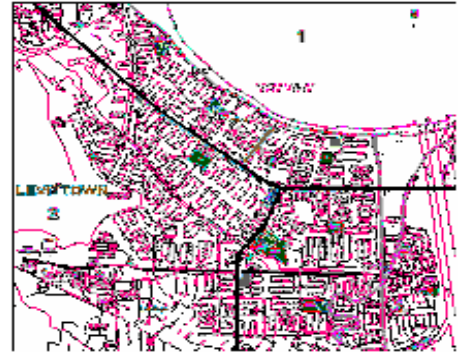
## Programa de Desarrollo Profesional UPR/PUPR/ATI

Centro de Transferencia de Tecnología en Transportación

Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez

Mayagüez, Puerto Rico

### Formulario



Esta encuesta es con fines educativos, la cual brindará información sobre el perfil de la población, la utilización del Transporte Público actual y sobre el futuro del Transporte Público en la comunidad de Levittown. Su colaboración será de gran utilidad en la planificación de expansiones futuras del sistema de Transporte Público.

Registre fecha de entrevista: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

1. Sexo: \_\_\_\_ Masculino \_\_\_\_ Femenino

2. ¿Padece de algún impedimento físico que limiten su movilidad? (De ser No, pasar a la pregunta 4):

\_\_\_\_ Sí \_\_\_\_ No

3. ¿Cual impedimento usted posee?

\_\_\_\_ Ortopédico \_\_\_\_ Visual \_\_\_\_ Sordo \_\_\_\_ Mudo \_\_\_\_ Otro, \_\_\_\_\_

4. En cuál de las siguientes categorías encaja su edad (años) :

\_\_\_\_ < 15 años \_\_\_\_ 16-30 años \_\_\_\_ 31 - 45 años \_\_\_\_ 46 – 60 años \_\_\_\_ > 61 años

5. Indique lugar de residencia:

\_\_\_\_ Levittown - Sector o urbanización: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_ No vivo en Levittown, ¿Donde resides? \_\_\_\_\_

6. Indique su ocupación:

\_\_\_\_ Sector Público \_\_\_\_ Sector Privado \_\_\_\_ Independiente \_\_\_\_ Estudiante \_\_\_\_

Ama de Casa \_\_\_\_ Desempleado \_\_\_\_ Otro

7. ¿Posee acceso a un vehículo privado en su hogar?

\_\_\_\_ Sí, soy dueño de un vehículo privado.

\_\_\_\_ Tengo acceso a un vehículo privado que no es de mi propiedad.

\_\_\_\_ No tengo acceso, ni poseo un vehículo privado.

8. ¿A qué distancia caminando de una de estación de transporte público (ej. Terminal de Carros Públicos) queda más cercano su trabajo o lugar de destino? De indicar un tiempo contestar la pregunta 8.

\_\_\_\_ < 5 minutos \_\_\_\_ 5 – 10 minutos \_\_\_\_ 11 – 30 minutos \_\_\_\_ > 30 minutos \_\_\_\_ No

queda cerca de alguna estación de transporte público.





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



9. La estación o terminal más cercano a su trabajo es de:

Tren Urbano       AMA       Carros Públicos       Acuaexpreso       Otro,

\_\_\_\_\_

10. En los últimos 30 días, ¿Cual de estos medios de transporte has utilizados? (Puede marcar más de uno)

AMA                       Carros Públicos                       Tren Urbano  
 Acuaexpreso                       Taxi                       MetroBus  
 Pon                       Vehículo Privado                       Ninguno

11. Propósito principal al utilizar Transporte Público:

Trabajo                       Paseo                       Estudio  
 Compras                       Cita Médica                       Otro, \_\_\_\_\_

12. Un sistema que conecte directamente la comunidad de Levittown con Bayamón, ¿mejoraría su movilidad?

Sí       No

13. ¿Qué factores le ayudaría a utilizar un medio de Transporte Público con mayor frecuencia?

Tiempo de espera reducido ( 10 minutos a 30 minutos)  
 Fácil Acceso  
 Incremento en la gasolina  
 Incremento en la tarifa de los peajes  
 Vehículos Confortables  
 Cercanía a mi hogar o destino  
 Otros \_\_\_\_\_

14. ¿ Cual es su sentir del Transporte Público?

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

15. ¿Cómo debe mejorarse?

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

¡ Muchas Gracias!

De estar interesados en los resultados de este estudio, favor incluir su dirección a continuación:

\_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_



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



Resultados de la Encuesta realizada durante: 25 de febrero de 2006, 9 de marzo de 2006, 28 de abril de 2006

Sexo:	
Masculino	Femenino
46	51

Impedimento	
Si	No
9	84

Edades				
<15	16-30	31-45	46-60	>61
3	29	24	22	20

Lugar	
Levittown	No
62	37

Ocupación						
Sector Publico	Ama de Casa	Sector Privado	Desempleado	Independiente	Estudiante	Otro
16	14	32	4	9	12	8

Posee Vehiculo		
Si es dueño	Si pero no dueño	No posee
73	18	8

Distancia Caminando				
<5	5 a 10	11 a 30	>30	No
31	28	20	11	7

Estación o terminal				
Tren Urbano	AMA	Carros Públicos	Acuaexpreso	Otro
3	58	27	0	11

Medio Más Utilizado							
AMA	Acuaexpreso	Pon	Carros Públicos	Vehículo Privado	Tren Urbano	Metrobus	Ninguno
21	3	13	16	60	10	2	14



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



Propósito de Viaje					
Trabajo	Compras	Paseo	Cita Médica	Estudio	Otros
35	17	32	11	15	15

Sistema que Conecte Levittown a Bayamón	
Sí	No
80	19

Factores						
Reducción en Tiempo	Fácil Acceso	Incremento en gasolina	Incremento en peaje	Vehículo Comfortable	Cercanía al hogar	Otros
43	40	32	6	14	21	7

Gráficas en detalle de los resultados:

