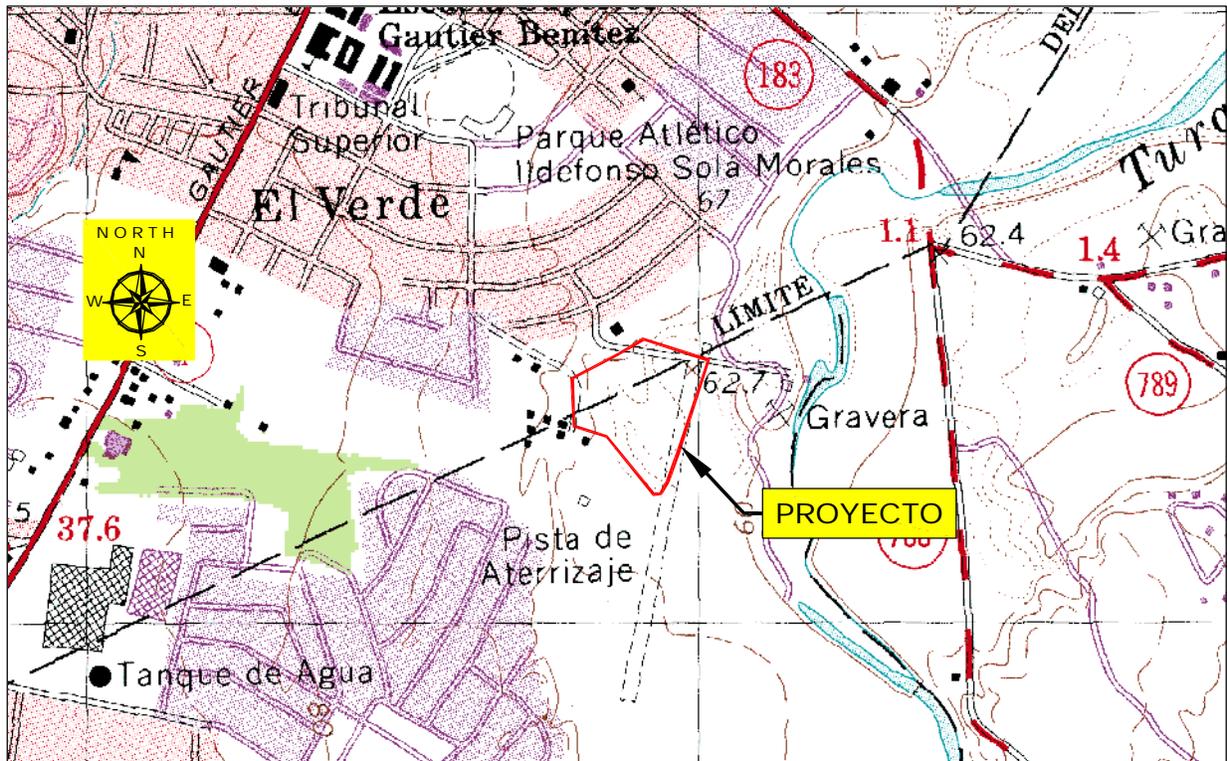


**ADMINISTRACION DE TRIBUNALES  
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**DECLARACION DE IMPACTO AMBIENTAL  
PRELIMINAR**



**NUEVO CENTRO JUDICIAL  
DE CAGUAS**

**AVE. LUIS MUÑOZ MARIN  
BARRIO TURABO  
CAGUAS, PUERTO RICO**

**CONSULTA DE UBICACION # 2008-46-0201-JPUMA**

## **PREAMBULO**

### **Agencia Proponente:**

Compañía de Comercio y Exportación de P.R.

### **Título de la Acción Propuesta:**

Nuevo Centro Judicial de Caguas  
Avenida Luis Muñoz Marín  
Bo. Turabo, Caguas P.R.

### **Funcionario Responsable:**

Sr. Javier Matos

### **Identificación del Documento Ambiental:**

Declaración de Impacto Ambiental-Preliminar (DIA-P)

### **Proyecto:**

Nuevo Centro Judicial de Caguas

### **Resumen de la Acción Propuesta:**

Se propone la construcción del Nuevo Centro Judicial de Caguas en un edificio de siete (7) plantas y un (1) sótano para un área total de 400,391 pies cuadrados. Para servir al proyecto se construirá un anexo para estacionamiento con facilidades para 1,097 espacios. En adición se proveen 45 espacios de estacionamiento en el sótano y 191 espacios sobre el terreno para un gran total de 1,333 espacios.

### **Fecha de Circulación:**

A ser determinada por la Agencia

## TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	1-1
A. Descripción General del Proyecto .....	1-1
B. Descripción General Del Área Del Proyecto .....	1-2
C. Resumen De Impactos Permanentes Y Medidas de Mitigación .....	1-3
D. Resumen de Impactos Temporeros y Medidas de Mitigación .....	1-5
2. DESCRIPCION DETALLADA DEL PROYECTO PROPUESTO .....	2-1
A. Descripción Detallada del Concepto .....	2-1
B. Estimado de Costo .....	2-2
C. Estimado de Movimiento de Tierra.....	2-2
D. Demanda Estimada de Agua Potable y Volumen de Aguas Usadas.....	2-2
E. Demanda de Energía Eléctrica.....	2-3
F. Descripción del Sistema Pluvial.....	2-3
G. Volúmenes Estimados de Tránsito Vehicular.....	2-3
H. Generación de Desperdicios Sólidos.....	2-3
I. Niveles de Ruido Estimados.....	2-4
J. Fuentes de Emisión Atmosféricas.....	2-5
K. Generadores de Electricidad.....	2-6
L. Creación de Empleos .....	2-6
3. PROPÓSITO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO.....	3-1
4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	4-1
5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ÁREA DEL PROYECTO .....	5-1
A. Localización y Topografía .....	5-1
B. Sistemas Naturales y artificiales Dentro de un Radio de 400 m desde el Perímetro del Área del Proyecto .....	5-1
C. Climatología .....	5-2
D. Suelos .....	5-3

E. Geología .....	5-4
F. Hidrología.....	5-4
G. Zonas Inundables.....	5-5
H. Áreas de Humedales.....	5-5
I. Flora, Fauna y Especies en Peligro de Extinción.....	5-5
J. Áreas Críticas para la Vida Silvestre.....	5-7
K. Recursos Culturales, Históricos y Arqueológicos.....	5-8
L. Uso de Terrenos.....	5-8
M. Zonificación.....	5-8
N. Tendencias de Desarrollo y Poblacional del Área.....	5-8
O. Distancia del Proyecto a la Residencia y a la Zona de Tranquilidad	
Más cercanas.....	5-9
P. Infraestructura Existente.....	5-9
Q. Calidad de Aire.....	5-10
6. ANALISIS SOCIOECONOMICO Y DE JUSTICIA SOCIAL .....	6-1
7. IMPACTOS AMBIENTALES NO EVITABLES Y MEDIDAS	
DE MITIGACION.....	7-1
8. IMPACTOS SECUNDARIOS Y ACUMULATIVOS.....	8-1
9. COMPROMISOS IRREVOCABLES E IRREPARABLES DE RECURSOS.....	9-1
10. COMO EL PROYECTO ARMONIZA CON LOS OBJETIVOS	
DEL PLAN DE USOS DE TERRENO.....	10-1
11. PERSONAL CIENTIFICO A CARGO DE LA PREPARACION DEL	
DOCUMENTO .....	11-1
12. CARTAS DE LAS AGENCIAS .....	12-1

## **1. Resumen Ejecutivo**

Se propone el Nuevo Centro Judicial de Caguas en un predio de terreno ubicado en la Avenida Luis Muñoz Marín del Barrio Turabo, Municipio de Caguas. El mismo servirá a la Región Judicial de Caguas la cual cubre los municipios de Caguas, Aguas Buenas, Cidra, Gurabo, San Lorenzo y Juncos. Para albergar el Nuevo Centro Judicial se propone un edificio de siete (7) plantas y un (1) sótano de un área total de 652,556 pies cuadrados.

La necesidad de construir este nuevo edificio surge por el serio problema de hacinamiento y deterioro que exhibe la planta física actual. El proyecto será alquilado a la Administración de Tribunales y al concluir el contrato de arrendamiento el proyecto pasará a ser propiedad del Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

### **A. Descripción General del Proyecto**

El Nuevo Centro Judicial de Caguas se propone en un predio de terreno ubicado en la Avenida Luis Muñoz Marín, en el Barrio Turabo del Municipio de Caguas. El predio tiene un área superficial de 10.5 cuerdas. El proyecto consistirá de un edificio de siete (7) plantas y un (1) sótano para un área total de 652,556 pies cuadrados (pc) distribuidos de la siguiente manera:

<b>NIVEL</b>	<b>USO</b>	<b>ÁREA (PC)</b>
Sótano	Archivos, Alguaciles	75,882
Nivel Plaza	Investigaciones, Vistas Preliminares y Secretaría	80,620
Segundo Piso	Casos Criminales	40,658
Tercer Piso	Casos Criminales	40,658
Cuarto Piso	Sala de Menores	40,658
Quinto Piso	Casos de Familia	40,658
Sexto Piso	Casos Civiles	40,658
Séptimo Piso	Casos Civiles y Crecimiento	40,658
<b>Sub-Total A</b>		<b>400,391</b>
<b>Estacionamiento</b>	1 <sup>er</sup> Nivel	84,055
<b>Estacionamiento</b>	2 <sup>do</sup> Nivel	84,055
<b>Estacionamiento</b>	3 <sup>er</sup> Nivel	84,055
<b>Gran Total</b>		<b>652,556</b>

## B. Descripción General del Área del Proyecto

El área del proyecto comprende un predio de terreno de 10.5 cuerdas localizada en el Barrio Turabo del Municipio de Caguas. Los contornos topográficos en el área del proyecto van desde los 64.5 metros hasta los 72 metros (MSL). Las temperaturas anuales promedio máximas y mínimas se encuentran alrededor de 87°F y 66 °F, respectivamente. La precipitación anual promedio se encuentra alrededor de las 62 pulgadas.

El Río Turabo fluye aproximadamente 200 m al Este del proyecto. El mismo fluye de Sur a Norte y descarga en el Río Grande de Loíza aproximadamente 2.5 km aguas abajo.

No existen pozos de extracción de aguas en las cercanías del proyecto.

De acuerdo con el catastro de suelos, en el área del proyecto los suelos están clasificados como Rio Arriba Clay (RoB), Toa Silty Clay Loam (To) y Estación Silty Clay Loam (Es). La primera clasificación consta de suelos moderadamente drenados con permeabilidad lenta. La serie Toa consiste de suelos profundos, de buen drenaje y moderadamente permeables. La serie Estación consiste de suelos moderadamente permeables.

La formación geológica en el área del proyecto se encuentra definida como Qa (Alluvium). Esta formación consiste de arena y sedimentos arrastrados por los ríos.

De acuerdo con el Panel 1210 de los mapas preliminares de inundaciones de FEMA (“FEMA Firm Maps”), con vigencia del 25 de junio del 2007 una porción del proyecto ubica en Zona X. Esta Zona incluye los terrenos afectados por el evento de 500 años de recurrencia.

En mayo de 2005 se realizó una evaluación de flora y fauna existente en el área del proyecto. El estudio realizado aplicó la metodología de muestreo de grupo. En cada punto de muestreo se estableció un área de muestreo circular y una sub-área.

El “Environmental Sensitivity Index” publicado por NOAA, recoge y compila la información sobre la ocurrencia de especies amenazadas o en peligro de extinción, además de la ubicación de habitats de importancia. Este mapa localiza además la información contenida en los mapas del programa de patrimonio natural del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. La revisión de dicho mapa determinó que no existen especies raras, amenazadas o en peligro de extinción para la localización propuesta.

Aunque no se ha realizado una Determinación de Áreas Jurisdiccionales en el predio, el mismo queda fuera de áreas con potencial presencia de humedales de acuerdo al Portal de Sistemas de Información Geográfica de la Junta de Planificación de P.R.

El solar está calificado como UR-3 y se solicita la recalificación del mismo a un Distrito Comercial UC-2.

### **C. Resumen de Impactos Permanentes y Medidas de Mitigación**

- Cambio en el uso actual de los terrenos:

El predio se encuentra actualmente baldío. Dado su proximidad al centro urbano de Caguas, esta localización es idónea para este tipo de desarrollo.

- Aumento significativo en el flujo vehicular:

El Apéndice 2 muestra el Estudio de Tránsito preparado para el proyecto propuesto en Octubre de 2008. El mismo analiza el impacto del proyecto en el tránsito del área y presenta recomendaciones para manejar el aumento en el mismo producido por el proyecto.

Según el estudio, en las horas picos, el proyecto generará 5,645 viajes una vez construido.

Se seguirán las recomendaciones del estudio así como las hechas por la Autoridad de Carreteras y Transportación.

- Aumento significativo en la demanda a la infraestructura de la región:

El proyecto implica un aumento en la demanda por los servicios de infraestructura tanto de agua potable como de alcantarillado sanitario y de energía eléctrica. Estos impactos, sin embargo, serán absorbidos de forma efectiva tanto por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados como por la Autoridad de Energía Eléctrica.

Durante la fase operacional, la demanda de agua potable del proyecto se estima en 120,000 GPD. El volumen estimado de aguas usadas a generarse es de 100,000 GPD.

La demanda por energía eléctrica podrá ser efectivamente suplida por el sistema de la Autoridad de Energía Eléctrica. El dueño llevará a cabo las aportaciones económicas requeridas por esa Agencia para la construcción de mejoras al sistema de distribución e infraestructura necesaria para llegar y servir apropiadamente el área del proyecto. La demanda de energía eléctrica del proyecto será 5,000 KVA.

- Aumento en los desperdicios sólidos:

El incremento total en desperdicios sólidos durante la fase operacional del proyecto se ha estimado en 60 yd<sup>3</sup> mensuales. Estos desperdicios serán manejados de acuerdo con las normas vigentes de la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS). Se proveerán áreas dentro del proyecto para la recolección de material reciclable de acuerdo con las especificaciones de la ADS.

- Impermeabilización del terreno

La impermeabilización de la parte del terreno a ser desarrollada podría causar aumento en el volumen de las aguas de escorrentía. Para evitar este impacto se prepararán los estudios de hidrología e hidráulica necesarios para asegurar que el diseño propuesto cumpla con los requisitos que establece el Reglamento 3 de la Junta de Planificación con vigencia del 30 de junio de 2005. Este establece en su sección 14.04 (Control de Escorrentía) que:

- “Para cualquier desarrollo se determinará la cantidad de escorrentía que produce el predio en su estado existente. Las descargas de escorrentía de las aguas pluviales del desarrollo no excederán las descargas del predio en su estado existente para todas las intensidades y duraciones de lluvia luego de construido.”

El estudio Hidrológico-Hidráulico recomendará una charca de detención para manejar el incremento en escorrentía causado por la impermeabilización de los suelos. Toda la escorrentía del proyecto propuesto descargará a esta charca.

#### **D. Resumen de Impactos Temporeros y Medidas de Mitigación**

- Impactos por ruidos, polvo fugitivo y desperdicios sólidos:

Durante la etapa de construcción se generarán ruidos mayormente asociados al uso de maquinaria y equipo pesado. Como medidas de mitigación, el horario de trabajo será restringido a un periodo diurno (de 7:00 AM a 4:00 PM, de lunes a viernes), se implantará un programa de mantenimiento del equipo que promueva el buen funcionamiento de los mismos y se mantendrá la mayor cantidad de vegetación posible con el fin de crear una barrera contra ruidos.

La posible generación de polvo fugitivo durante la etapa del proyecto en la cual el terreno se encuentre desprovisto de vegetación será controlada manteniendo el terreno húmedo mediante asperjación. Esto se logra haciendo uso de camiones cisterna. Estos controles formarán parte del Plan CES a ser sometido, en su momento, ante la JCA.

Durante la etapa de construcción, los desperdicios sólidos a generarse consistirán mayormente de vegetación removida, corteza terrestre y escombros.

- Desplazamiento de la fauna del área.

El estudio de Flora y Fauna concluyó que no hay especies críticas o en peligro de extinción en el área del proyecto.

- Creación de empleos

Se espera que durante la etapa de construcción se generen empleos directos, indirectos e inducidos. Esta creación de empleos redundará en beneficios a la población empleada o con posibilidades de ser empleada en la industria de la construcción. Además, redundará en un aumento en el movimiento económico de la región. La Tabla 1-1 muestra la generación de empleos.

**TABLA 1-1: GENERACIÓN DE EMPLEOS DURANTE CONSTRUCCIÓN DE PROYECTO**

<b>EMPLEO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Directos	1,050
Indirectos	364
Inducidos	574

- Movimiento de Tierra

El volumen de movimiento de tierra para el proyecto se estima en 83,261 m<sup>3</sup>. De este volumen, 44,535 m<sup>3</sup> serán en corte mientras 38,726 m<sup>3</sup> serán en relleno.

- Erosión del terreno

La erosión del terreno es uno de los posibles impactos durante la etapa de construcción del proyecto.

La implementación de un Plan CES agresivo y efectivo es de vital importancia para evitar que erosión y sedimentos asociados a este movimiento de tierra afecten los cuerpos de agua en las cercanías del área del proyecto. Las siguientes medidas serán utilizadas para el control de la erosión:

- ◇ En los inicios del proyecto, se utilizarán distintas técnicas para disminuir la velocidad de las aguas de escorrentías e interceptar los sedimentos de las mismas. Algunas de las medidas que se implantarán serán: colocación de mallas de filtración “silt fences” y colocación de pacas de heno alrededor de los pocetos.
- ◇ Se mantendrá una plataforma de piedra y gravilla en aquella área que se utilice como entrada y salida provisional. Se proveerá de facilidades para el lavado de llantas y así evitar que los camiones y maquinaria puedan arrastrar sedimentos hacia las vías públicas.
- ◇ Se proveerá un área de almacenaje para el “top soil” el cual se irá depositando una vez avance el proyecto para estabilizar el terreno mediante la siembra de grama.
- ◇ Se proveerá un área de almacenaje para los desperdicios sólidos que se generen del terreno sobrante, escombros, y desperdicios que generen los empleados de la construcción.

- Aumento en el flujo vehicular

Durante la etapa de construcción se espera que aumente temporalmente el flujo de equipo de construcción y equipo pesado. Este aumento será de carácter temporero.

- Impactos en cuerpos de agua jurisdiccionales

Aunque no se ha realizado una Determinación de Áreas Jurisdiccionales en el predio, el mismo queda fuera de áreas con potencial presencia de humedales de acuerdo Portal de Sistemas de Información Geográfica de la Junta de Planificación de P.R. El cuerpo

de agua más cercano corresponde al Río Turabo el cual se encuentra aproximadamente 200m al Este del proyecto.

- Eliminación del potencial agrícola de la finca

Dado la proximidad del predio al centro urbano de Caguas y a los desarrollos existentes a su alrededor, el potencial agrícola de la finca se ha eliminado.

## 2. Descripción Detallada del Proyecto Propuesto

### A. Descripción Detallada del Concepto

Se propone el Nuevo Centro Judicial de Caguas en un predio de terreno ubicado en la Avenida Luis Muñoz Marín del Barrio Turabo, Municipio de Caguas. El mismo servirá a la Región Judicial de Caguas la cual es una de las divisiones del Tribunal de Primera Instancia. Esta Región cubre los municipios de Caguas, Aguas Buenas, Cidra, Gurabo, San Lorenzo y Juncos.

Para albergar el Nuevo Centro Judicial se propone un edificio de siete (7) plantas y un (1) sótano de un área total de 652,556 pies cuadrados. La Tabla 2-1 muestra la distribución del proyecto.

**TABLA 2-1: DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO**

<b>NIVEL</b>	<b>USO</b>	<b>ÁREA (PC)</b>
Sótano	Archivos, Alguaciles	75,882
Nivel Plaza	Investigaciones, Vistas Preliminares y Secretaría	80,620
Segundo Piso	Casos Criminales	40,658
Tercer Piso	Casos Criminales	40,658
Cuarto Piso	Sala de Menores	40,658
Quinto Piso	Casos de Familia	40,658
Sexto Piso	Casos Civiles	40,658
Séptimo Piso	Casos Civiles y Crecimiento	40,658
<b>Sub-Total A</b>		400,391
<b>Estacionamiento</b>	1er Nivel	84,055
<b>Estacionamiento</b>	2do Nivel	84,055
<b>Estacionamiento</b>	3er Nivel	84,055
<b>Gran Total</b>		652,556

Al presente las facilidades del Centro Judicial presentan un problema de hacinamiento y deterioro lo cual unido al continuo patrón de crecimiento poblacional que muestran los pueblos que componen la Región Judicial crean la necesidad de este proyecto.

A esos efectos, la Oficina de Administración de Tribunales solicitó una propuesta para que la empresa privada desarrollara el Nuevo Centro Judicial.

La **Figura 1** muestra la ubicación del área del proyecto en el cuadrángulo topográfico de Caguas. La **Figura 2** muestra la ubicación del área del proyecto sobre una fotografía aérea. La **Figura 3** muestra la representación gráfica del proyecto propuesto.

#### **B. Estimado de Costo**

El costo total de construcción del proyecto se estima en 70 millones de dólares.

#### **C. Estimado de Movimiento de Tierra**

El volumen aproximado de corte y relleno para el proyecto propuesto consiste en 44,535 metros cúbicos y 38,726 metros cúbicos, respectivamente. El material excedente (5,809 metros cúbicos) será acarreado hasta el vertedero más cercano aprobado por la Junta de Calidad Ambiental.

#### **D. Demanda Estimada de Agua Potable y Volumen de Aguas Usadas**

Durante la etapa de operación, el proyecto tendrá una demanda de 120,000 galones diarios los cuales serán provistos por la AAA. Es necesario que el dueño del proyecto aporte a la Autoridad la cantidad establecida por la Agencia para hacer uso del sistema de distribución de agua.

El proyecto propuesto generará un volumen de aguas usadas durante la operación de 100,000 galones diarios.

### **E. Demanda de Energía Eléctrica**

La demanda total de energía eléctrica necesaria para suplir el proyecto ha sido estimada en 5,000 KVA.

### **F. Descripción del Sistema Pluvial**

El sistema pluvial propuesto contempla la construcción de una charca de detención para mitigar el aumento en escorrentía causado por la impermeabilización del terreno en cumplimiento con el Reglamento Núm.3. La charca descargará al sistema existente de la Ave. Luis Muñoz Marín el cual a su vez descarga al Río Turabo.

### **G. Volúmenes Estimados de Transito Vehicular**

El Apéndice 2 muestra el Estudio de Tránsito preparado para el proyecto propuesto en Octubre de 2008. El mismo analiza el impacto del proyecto en el tránsito del área y presenta recomendaciones para manejar el aumento en el mismo producido por el proyecto.

Según el estudio, en las horas picos, el proyecto generará 5,645 viajes una vez construido.

Se seguirán las recomendaciones del estudio así como las hechas por la Autoridad de Carreteras y Transportación.

### **H. Generación de Desperdicios Sólidos**

La generación de desperdicios sólidos está dividida entre las etapas de construcción y operación. En ninguna de estas etapas se anticipa la generación de desperdicios peligrosos.

Durante la etapa de construcción, los desperdicios sólidos a generarse consistirán mayormente de vegetación removida, corteza terrestre y escombros.

Por otro lado, la generación de desperdicios adicionales durante esta etapa de construcción estará constituida mayormente de desperdicios domésticos. Para estimar la cantidad de estos desperdicios sólidos se usó el factor de generación de 5.18 libras por empleado por día. La Sección L (Creación de Empleos) indica el total de empleos generados en cada fase del proyecto. Se espera que el proyecto genere 311 yd<sup>3</sup> mensuales de desperdicios sólidos durante la construcción.

La disposición de estos desperdicios estará a cargo del contratista del proyecto, quien deberá obtener el correspondiente permiso de la Junta de calidad Ambiental (JCA). Los desperdicios serán llevados a un vertedero autorizado por la JCA.

Para la **etapa de operación**, se generarán 60 yd<sup>3</sup> mensuales

#### **I. Niveles de Ruido Estimados**

Los niveles de ruido estimados se separan durante las etapas de construcción y de operación.

Durante la etapa de construcción, el ruido será generado por el equipo pesado y camiones a ser utilizados. El ruido producido en un área específica varía de acuerdo con la actividad que se está llevando a cabo, el tipo de construcción y la localización del equipo. El ruido producido por un equipo en específico varía durante las diferentes etapas y ciclos de trabajo. La Tabla 2-2 ilustra los distintos equipos de construcción y los niveles de ruidos que se producen, medidos a una distancia de 15 metros (50 pies).

**TABLA 2-2: NIVELES DE RUIDOS GENERADOS POR EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN(dBA, medidos a 15 metros)**

<b>EQUIPO</b>	<b>NIVELES DE RUIDO</b>
“Scraper”	89-95
“Bulldozer”	77-87
“Bulldozer”, oruga	90-93
Cargador de ruedas	80-81
Cargador, “terex”	96
Excavador	79-85
Camión de Concreto	91
Camión de 14 ruedas	88
Compresor	71-97
Taladro (orugas)	91
Bomba de Agua	79
Generador	76
Niveladora	87-89
Autoniveladota	71-87
Grúa	80-85
“Gradall”	87-88
Bomba de Concreto	69-75

Durante la etapa de operación del proyecto propuesto no se espera un incremento en los niveles de ruido que sobrepase los límites establecidos por la JCA.

Aún cuando se instalarán generadores de emergencia que son una fuente principal de ruido, el uso de este equipo está restringido únicamente al tiempo que duren los periodos en que se afecte el servicio de energía eléctrica. Además se utilizarán equipos con silenciadores para minimizar el ruido.

## **J. Fuentes de Emisión Atmosféricas**

Las emisiones atmosféricas que deberán generarse tanto durante la etapa de construcción como de operación del proyecto, no se encuentran reglamentadas ni requieren cálculos de emanación según requiere el reglamento para el Control de Contaminación Atmosférica de la Junta de Calidad Ambiental.

Durante la etapa de construcción, éstas estarán siendo generadas por el movimiento de camiones y vehículos pesados. Estos están clasificados como fuentes de emanación móviles. También, durante esta etapa podrían generarse polvos fugitivos. Estos se controlarán manteniendo húmedos los terrenos que hayan sido desprovistos de la cubierta vegetativa, mediante el uso de camiones cisternas con regaderas.

Durante la etapa de operación, la principal fuente de emanación estará constituida por los vehículos de motor. Estos están clasificados como fuentes de emanación móviles las cuales ni se encuentran reglamentadas ni requieren cálculos de emanación. Otra fuente de emisión atmosférica durante la operación lo serán los generadores de emergencia.

#### **K. Generadores de Electricidad**

Se estima que la demanda total de energía eléctrica necesaria para suplir el proyecto es de 5,000 KVA.

Como parte del desarrollo, se proveerán tres generadores eléctricos de 1,500 KW para cubrir las áreas comunes en caso de emergencia.

#### **L. Creación de Empleos**

La creación de empleos en un proyecto de construcción se divide generalmente en tres categorías: empleos directos, indirectos e inducidos.

Por empleos directos se entiende aquellos empleos que se generan en la ubicación de un proyecto como resultado de las distintas fases de la construcción. Ejemplos de empleos directos son obreros, especialistas, ingenieros y gerentes.

Por empleos indirectos se entiende que son aquellos empleos que se generan en industrias que suplen materiales y servicios al proceso de construcción de un proyecto (empleos en industrias que suplen piedra, materiales de relleno, productos de petróleo, madera, acero, concreto y otros productos misceláneos).

Una tercera categoría incluye los empleos inducidos. Esta categoría incluye aquellos empleos en la economía general que, por el efecto multiplicador de la inversión, se generan en la economía. Los empleos inducidos son aquellos empleos que se crean en la economía estimulados por el consumo que generan los empleados de la industria de construcción de proyectos residenciales cuando gastan sus salarios.

El estimado de costo total de construcción del proyecto es de 70 millones de dólares. La Tabla 2-3 muestra la generación de empleos durante la construcción. El cómputo se llevo a cabo de la siguiente manera:

Empleos Directos: 15 por cada 1 millón  
Empleos Indirectos: 5.2 por cada 1 millón  
Empleos Inducidos: 8.2 por cada 1 millón

**TABLA 2-3: GENERACIÓN DE EMPLEOS DURANTE CONSTRUCCIÓN DE PROYECTO**

<b>EMPLEO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Directos	1,050
Indirectos	364
Inducidos	574

### **3. Propósito y Justificación del Proyecto Propuesto**

La Oficina de Administración de los Tribunales completó el proceso de adjudicación de propuestas para iniciar la construcción de un edificio que albergue el Nuevo Centro Judicial de Caguas en un predio de terreno ubicado en la Avenida Luis Muñoz Marín del Barrio Turabo, Municipio de Caguas. El mismo servirá a la Región Judicial de Caguas la cual sirve los municipios de Caguas, Aguas Buenas, Cidra, Gurabo, San Lorenzo y Juncos. Para albergar el Nuevo Centro Judicial se propone un edificio de siete (7) plantas y un (1) sótano de un área total de 652,556 pies cuadrados.

La necesidad de construir este nuevo edificio surge por el serio problema de hacinamiento y deterioro que exhibe la planta física actual. Otros factores importantes son el continuo patrón de crecimiento poblacional que muestran los pueblos que componen la Región Judicial que servirá este nuevo centro judicial y el volumen de casos proyectado para éste en los próximos 30 años.

Para cumplir cabalmente estas responsabilidades es necesario una estructura que facilite ofrecer los servicios a la ciudadanía de forma rápida y eficaz.

El proyecto está revestido de un interés público ya que el mismo será alquilado a la Administración de Tribunales y al concluir el contrato de arrendamiento el proyecto pasará a ser propiedad del Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

#### **4. Análisis de Alternativas**

Dentro de las alternativas consideradas se encuentran la no acción, la permanencia del uso actual, la conservación de recursos y la construcción de la facilidad propuesta. Los mismos se discuten a continuación.

##### **Inacción**

La no construcción del Nuevo Centro Judicial de Caguas privaría a la Región Judicial de Caguas de unas facilidades adecuadas para brindar los servicios relacionados a procedimientos judiciales, civiles y criminales.

El Centro Judicial existente presenta problemas de hacinamiento y deterioro lo cual impide cumplir cabalmente las responsabilidades y retos que afronta.

##### **Permanencia del Uso Actual**

Los terrenos en cuestión se encuentran actualmente baldíos, sin embargo las condiciones del área que corresponde al centro urbano de Caguas, hacen del lugar uno idóneo para el desarrollo del proyecto.

##### **Conservación de Recursos**

El área del proyecto, en su totalidad, no posee características ambientales de tal magnitud que amerite su conservación por lo cual esta alternativa aparte de no ser viable, limitaría grandemente el uso de la propiedad.

##### **Desarrollo del Proyecto Propuesto**

Según mencionado anteriormente, el Centro Judicial existente presenta serios problemas de hacinamiento y deterioro lo cual crea una necesidad de una nueva estructura que permita cumplir cabalmente con las responsabilidades que afronta la Rama Judicial.

El Nuevo Centro Judicial de Caguas servirá a la Región la cual cubre los municipios de Caguas, Aguas Buenas, Cidra, Gurabo, San Lorenzo y Juncos. Para albergar el Nuevo Centro Judicial se propone un edificio de siete (7) plantas y un (1) sótano de un área total de 652,556 pies cuadrados.

## **5. Descripción Detallada del Área del Proyecto**

### **A. Localización y Topografía**

El proyecto está localizado en la Avenida Luis Muñoz Marín, en el Barrio Turabo del Municipio de Caguas. El solar tiene una cabida de 10.5 cuerdas, y colinda al Norte con la Urbanización El Verde; al Sur, con la Avenida Luis Muñoz Marín y Luis Cartagena; al Este, con la Calle Lucero, hoy Bulevar Cristóbal Colón y la Avenida Muñoz Marín; y al Oeste, con el Camino Municipal La Industria y con Luis Cartagena.

De acuerdo con el plano topográfico del predio, los contornos topográficos en el área del proyecto van desde los 64.5 m hasta los 72.0 metros (MSL).

### **B. Sistemas Naturales y Artificiales**

La Tabla 5-1 muestra los sistemas naturales y artificiales dentro de un radio de 400 metros desde el perímetro del área del Proyecto.

**TABLA 5-1: SISTEMAS NATURALES Y ARTIFICIALES DENTRO DE UN RADIO DE 400 METROS**

SISTEMA	DENTRO	FUERA	DISTANCIA	NO EXISTE	NOMBRE DEL SISTEMA
Acuífero		X	100 m.		Valle Aluvial Caguas - Juncos
Area Costera				X	
Arrecifes				X	
Bahías				X	
Bosques				X	
Canal				X	
Cantera				X	
Cañones				X	
Cayos				X	
Cuevas				X	
Dunas				X	
Ensenadas				X	
Estuario				X	
Lago Artificial				X	
Lagos				X	
Lagunas				X	
Manantiales				X	
Manglar				X	
Minas				X	
Mogotes				X	
Pantanos				X	
Playa				X	
Pozos				X	
Quebradas				X	
Refugio de Aves				X	
Represa				X	
Ríos		X	200 m		Río Turabo
Sabana				X	
Sistema de Riego				X	
Sumidero				X	
Salitrales				X	
Otros				X	

### C. Climatología

El área del proyecto ubica dentro de la provincia climatológica de Puerto Rico conocida como Provincia Interior Oriental.

## 1. Temperatura

De acuerdo con data publicada por la Subestación de Gurabo (Gurabo Substn – 664276) del Servicio Nacional de Meteorología, la temperatura en el área del proyecto varía de 65.7 a 87.1 grados Fahrenheit. Esta data comprende un resumen por mes desde el 1 de marzo de 1956 hasta el 31 de diciembre de 2005. El detalle mensual se muestra en la siguiente tabla:

**TABLA 5-2: TEMPERATURA MENSUAL PROMEDIO (°F)**

<b>Temperatura</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>PROM.</b>
Máximo Promedio	83.9	84.2	85.5	86.8	87.7	88.8	89.2	89.6	89.3	88.7	86.8	84.6	<b>87.1</b>
Mínimo Promedio	61.0	60.9	61.8	64.4	67.5	69.1	68.8	69.0	68.7	67.7	65.9	63.1	<b>65.7</b>

## 2. Precipitación

De acuerdo con data publicada por el Servicio Nacional de Meteorología para la Subestación de Gurabo, la precipitación anual normal en el área es de 63.49 pulgadas, mientras que la media es de 61.71 pulgadas.

### D. Suelos

De acuerdo con el catastro de suelos del Área de San Juan – hoja número 36 (**Figura 4**), los mismos están clasificados como Rio Arriba Clay (RoB), Toa Silty Clay Loam (To), y Estación Silty Clay Loam (Es) y se definen de la siguiente manera:

RoB: Rio Arriba Clay: Suelo con pendiente suave y moderadamente permeables. Típicamente la capa superficial es arcilla marrón firme. Pendientes de 5 a 12 por ciento.

- To: Toa Silty Clay Loam: -Suelo con moderadamente buen drenaje. Está limitado su uso urbano por su naturaleza arcillosa.
- Es: Estación Silty Clay Loam:-Suelo con permeabilidad moderada. La capa superficial es arcilla marrón firme.

## E. Geología

La **Figura 5** muestra la geología del área del proyecto obtenida del Portal de Sistemas de Información Geográfica de la Junta de Planificación de P.R. El mapa muestra que el área del proyecto está clasificada como Alluvium (Qal). Esta formación consiste de arena y sedimentos arrastrados por los ríos.

## F. Hidrología

### 1. Cuerpos de Agua Superficiales

El Río Turabo fluye aproximadamente 200 m al Este del proyecto. El mismo fluye de Sur a Norte y descarga en el Río Grande de Loíza aproximadamente 2.5 km aguas abajo.

### 2. Cuerpos de Agua Subterránea

El área del proyecto está localizada en el acuífero aluvial de Caguas – Juncos (**Figura 6**). El agua subterránea dentro de este acuífero ocurre mayormente bajo condiciones no confinadas y se encuentra hidráulicamente interconectado con cauces que cruzan a través del valle aluvial. Los rendimientos reportados para este acuífero varían de 0.6 a 20 L/s (Puig y Rodríguez, 1993).

La capacidad de transmisión y conducción hidráulica del acuífero del valle de Juncos es mayor a lo largo de la zona que se extiende hacia el oeste de la ciudad de Juncos hacia el extremo norte de la cuenca aluvial de Caguas.

La capacidad de transmisión del acuífero de Caguas es, en general, menor que la del acuífero de Juncos y esto es parcialmente

atribuido a que el acuífero se encuentra dominado por arcilla y limo aparte de ser poco espeso.

### **3. Pozos de Extracción de Aguas Subterráneas**

De acuerdo al Portal de Sistemas de Información Geográfica de la Junta de Planificación de P.R., no existen pozos de aguas dentro de un radio de 460 m del proyecto.

### **4. Tomas de Agua Potable Públicas y Privadas y Plantas de Filtración**

No existen ni dentro del proyecto ni dentro de un radio de 460 metros tomas de agua pública ni privadas (**Figura 7**).

## **G. Zonas Inundables**

De acuerdo con el Panel 1210 de los mapas preliminares de inundaciones de FEMA (“FEMA Firm Maps”), con vigencia del 25 de junio del 2007 una porción del proyecto ubica en Zona X (**Figura 8**).

## **H. Áreas de Humedales**

Aunque no se ha realizado una Determinación de Áreas Jurisdiccionales en el predio, el mismo queda fuera de áreas con potencial presencia de humedales de acuerdo al Portal de Sistemas de Información Geográfica de la Junta de Planificación de P.R. (**Figura 5**).

## **I. Flora, Fauna y Especies en Peligro de Extinción**

En mayo de 2005 se realizó una evaluación de la flora y la fauna existente en el área del proyecto. Esta evaluación fue realizada por Golden Environmental Corp. El informe se incluye en el Apéndice 1 de este informe.

Dado que los terrenos incluidos en el área de estudio tienen características marcadamente distintas (pastizales abiertos y áreas ligeramente forestadas) la evaluación utilizó la metodología de muestreo de grupo “cluster sampling”. En cada punto de muestreo se estableció un área de muestreo circular (Tipo I) de 8 metros de radio y una sub-área (Tipo 2) de 2 metros de radio.

En las zonas de muestreo tipo I se identificaron todas aquellas especies de árboles con un diámetro de 3 pulgadas o más; mamíferos a través de observación directa, nidos o rastros; y las aves presentes a través de observación directa, canto o presencia de nidos. En la zona de muestreo Tipo II se identificaron aquellos árboles con un diámetro menor a 3 pulgadas; se identificaron los bejucos y gramíneas; los anfibios mediante observación directa o canto; y los reptiles mediante observación directa o presencia de nidos o rastros.

De acuerdo a la evaluación, la flora y fauna existente en el área de estudio es típica de áreas perturbadas por acciones antropogénicas como el pastoreo. No se identificaron especies vulnerables o en peligro de extinción en el área de estudio.

La Tabla 5-3 y la Tabla 5-4 resumen la flora y fauna, respectivamente, observada en el área de estudio.

**TABLA 5-3: RESUMEN DE FLORA OBSERVADA**

<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>COMÚN</b>
Pterocarpus indicus	Pterocarpus
Swietenia mohogani	Caoba dominicana
Delonix regia	Flamboyán
Ficus benjamina	Laurel de benjamina
Spathodea campanulata	Tulipán aricano
Merremia quinquefolia	Batatilla blanca
Cordia sebestena	Vomitel colorado

**TABLA 5-4: RESUMEN DE FAUNA OBSERVADA**

<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
Iguana Iguana	Gallina de Palo
Anolis cristatellus	Lagartijo común
Ameiva exsul	Iguana
Sphaerodactylus macrolepis guarionex	Gecko
Eleutherodactylus coqui	Coquí común
Casmerodius albus	Garza real

## **J. Áreas Críticas para la Vida Silvestre**

Para poder identificar y constatar la presencia de algún sistema natural que represente ser un área crítica para la vida silvestre se recorrió el área a ser impactada por el proyecto. También se inspeccionaron las áreas cercanas al proyecto, dentro de un perímetro de 400 metros a partir de los límites de éste. En los siguientes segmentos se discuten los hallazgos.

### Reservas Naturales

El proyecto propuesto no tendrá impacto sobre área alguna incluida bajo esta clasificación, ya que cercano al lugar no existen lugares con estas designaciones.

### Bosques

De acuerdo con la localización del proyecto, no existe bosque alguno dentro de un perímetro de 400 metros.

### Sumideros

De acuerdo a las inspecciones de campo en el área o en sus cercanías no se observa o se reconoce la existencia de sumideros.

## **K. Recursos Culturales, Históricos y Arqueológicos**

No existen Recursos Culturales en las cercanías del proyecto según los mapas topográficos del Consejo de Arqueología Terrestre del Instituto de Cultura Puertorriqueño.

## **L. Uso de Terrenos**

Al presente el terreno donde se propone el proyecto está baldío.

## **M. Zonificación**

El solar está calificado como UR-3 y se solicita la recalificación del mismo a un Distrito Comercial UC-2.

## **N. Tendencia de Desarrollo y Poblacional del Área**

El proyecto propuesto contribuirá significativamente al mejoramiento de la economía de la comunidad y del municipio proporcionando empleos, generando ingresos y aportando económicamente a las mejoras de la infraestructura del área.

En cuanto a la tendencia poblacional, el crecimiento de 1990 al 2000 que experimentó la región fue de 10.3%. El municipio de Caguas tuvo un crecimiento positivo, pues para la década mostró un aumento en población de 5.3%. Los municipios de mayor crecimiento en la región fueron Gurabo (27.7%), Cidra (20.0%) y San Lorenzo (16.5%) (Tabla 5-5).

**TABLA 5-5: POBLACIÓN EN LA REGIÓN**

<b>MUNICIPIO</b>	<b>POBLACIÓN 1990</b>	<b>POBLACIÓN 2000</b>	<b>% DEL MUNICIPIO</b>
Aguas Buenas	25,424	29,032	14.1%
Aibonito	24,971	26,493	6.1%
Caguas	133,447	140,502	5.3%
Cayey	46,553	47,370	1.7%
Cidra	35,601	42,753	20.0%
Gurabo	28,737	36,743	27.7%
San Lorenzo	35,163	40,997	16.5%
<b>Región</b>	<b>329,896</b>	<b>363,890</b>	<b>10.3%</b>

Fuente: Censo de Población y Vivienda de 1990 y 2000

## **O. Distancia del Proyecto a la Residencia y a la Zona de Tranquilidad más Cercanas**

La residencia más cercana al área del proyecto se encuentra al Norte del mismo en la Urbanización El Verde la cual colinda con el predio. El Hospital HIMA se encuentra aproximadamente a 500 m del proyecto.

## **P. Infraestructura Existente**

### **1. Agua Potable**

La demanda total de agua potable para el proyecto se ha estimado en 120,000gpd. Esta demanda será suplida por la AAA mediante el sistema existente en la Ave. Muñoz Marín.

### **2. Alcantarillado Sanitario**

El proyecto propuesto generará un volumen de aguas usadas durante la operación de 100,000 gpd.

### **3. Energía Eléctrica**

La demanda total de energía eléctrica necesaria para suplir el proyecto se estima en 5,000 KVA. La misma será suplida por la Autoridad de Energía Eléctrica.

### **4. Sistema Pluvial**

Las aguas pluviales del proyecto drenan en dirección Sureste hacia la Ave. Luis Muñoz Marín.

### **5. Sistema Vial**

El Apéndice 2 muestra el Estudio de Tránsito preparado para el proyecto propuesto en Octubre de 2008. El mismo analiza el impacto del proyecto en el tránsito del área y presenta recomendaciones para manejar el aumento en el mismo producido por el proyecto.

Según el estudio, en las horas picos, el proyecto generará 5,645 viajes una vez construido.

La Autoridad de Carreteras y Transportación no tiene objeción a la construcción del proyecto propuesto. El diseño del proyecto cumplirá con las recomendaciones y requisitos emitidos por esta Agencia (Capítulo 12).

### **6. Otros Servicios Públicos y Privados**

El sector cuenta con servicios telefónicos y de cable por satélite.

## **Q. Calidad de Aire**

La calidad del aire en el Municipio de Caguas se considera satisfactoria o área de logro desde el punto de vista ambiental. Ésta se determina mediante la comparación de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos por unidad de volumen, medidos en el área, con los límites establecidos por las Normas Nacionales de Calidad de Aire (NNCA).



## 6. Análisis Socioeconómico y de Justicia Social

### A. Características Socioeconómicas

Con un área superficial de 58.7 millas cuadradas, Caguas figura como el municipio con mayor área en la Región Central Este la cual se compone de los municipios de Aguas Buenas, Aibonito, Caguas, Cayey, Cidra, Gurabo, y San Lorenzo.

#### **Población**

El crecimiento poblacional de 1990 al 2000 que experimentó la región fue de 10.3%. El municipio de Caguas obtuvo la penúltima posición en términos de crecimiento, pues para la década mostró un crecimiento de 5.3%, seguido por Cayey con un crecimiento de 1.7%. Sin embargo, el municipio de Gurabo fue el municipio que experimentó un mayor crecimiento en la región (Tabla 6-1).

**TABLA 6-1: POBLACIÓN EN LA REGIÓN**

<b>MUNICIPIO</b>	<b>POBLACIÓN 1990</b>	<b>POBLACIÓN 2000</b>	<b>% DEL MUNICIPIO</b>
Aguas Buenas	25,424	29,032	14.1%
Aibonito	24,971	26,493	6.1%
Caguas	133,447	140,502	5.3%
Cayey	46,553	47,370	1.7%
Cidra	35,601	42,753	20.0%
Gurabo	28,737	36,743	27.7%
San Lorenzo	35,163	40,997	16.5%
<b>Región</b>	<b>329,896</b>	<b>363,890</b>	<b>10.3%</b>

Fuente: Censo de Población y Vivienda de 1990 y 2000

#### **Nivel de Educación**

En el Municipio de Caguas, para una población de 40,684 de 3 años o más, 4,309 cursaban la escuela preprimaria, 17,810 escuela elemental, 9,244 escuela superior y 9,321 a nivel universitario. De un total de 86,305 personas mayores

de 25 años residentes de este municipio, el 63.3% se graduó de escuela superior, el 21.1% obtuvo un grado universitario ó un grado más alto. En el Bo. Turabo, de 4,411 personas mayores de 3 años y matriculados en la escuela, 1,825 se encontraban en escuela elemental, 1,086 en escuela superior y 1,026 en universidad. Para una población de 9,530 de 25 años o más el 37.6% obtuvo un diploma de escuela superior y/o tiene créditos universitarios, el 12.5% obtuvo un bachillerato y/o créditos conducentes a maestría ó doctorado (Tabla 6-2).

**TABLA 6-2: NIVEL DE EDUCACIÓN EN EL MUNICIPIO DE CAGUAS Y EL BO. TURABO**

<b>MUNICIPIO</b>	<b>LEEN Y ESCRIBEN DE 18 AÑOS Ó MAS</b>	<b>DIPLOMA ESCUELA SUPERIOR</b>	<b>BACHILLERATO UNIVERSIDAD</b>
Caguas	72.3 %	63.3%	21.1%
Bo. Turabo	89.3%	63%	17.4%

Fuente: Censo de Población y Vivienda de 1990 y 2000

### **Indicadores de ingreso**

El ingreso per cápita de la región fue de \$7,546. De los siete municipios que conforman la región, el municipio de Caguas tenía el segundo ingreso per cápita más alto con \$8,632, el municipio de Cidra tenía el tercero con \$7,877, mientras que el municipio de Gurabo tenía el ingreso per cápita más alto con \$8,819.

La mediana de ingreso familiar para la región ascendió a \$16,377. La mediana de ingreso familiar para el Municipio de Caguas fue de \$19,321, con la cifra ocupando la primera posición dentro de la región, ocupan los municipios de Gurabo y Cidra con \$18,538 y \$17,262, respectivamente, la segunda y tercera posición (Tabla 6-3). Los datos para el Bo. Turabo fueron obtenidos del Censo del 2000.

**TABLA 6-3: VARIABLES SOCIOECONÓMICAS**

MUNICIPIO	POBLACIÓN	INGRESO PER CÁPITA (\$)	INGRESO FAMILIAR MEDIANO (\$)	FAMILIAS NIVEL DE NÚMERO	%BAJO NIVEL POBREZA
Aguas Buenas	29,032	7,034	14,662	3,831	49.8
Aibonito	26,493	6,579	14,676	3,403	48.5
Caguas	140,502	8,632	19,321	14,816	38.6
Cayey	47,370	7,027	15,939	6,055	47.4
Cidra	42,753	7,877	17,262	5,043	44.2
Gurabo	36,743	8,819	18,538	3,962	39.8
San Lorenzo	40,997	6,856	14,238	5,515	51.2
Región	363,890	7,546	16,377	42,625	45.6
<b>Bo. Turabo</b>	<b>15,600</b>	<b>8,213</b>	<b>16,632</b>	<b>4,257</b>	<b>42.6</b>

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2000.

### ***Nivel de Pobreza***

Según los datos del censo del 2000 el 45.6% del total de familias que viven en los municipios que componen la región vivían bajo los niveles de pobreza, de acuerdo a los estándares federales (Tabla 5). El Municipio de Caguas, tiene el nivel más bajo 38.6% de las familias bajo el nivel de pobreza, le siguen Gurabo y Cidra con 39.8% y 44.2%, respectivamente. Para el censo del 2000 el predio donde ubica el proyecto, el Barrio Turabo tenía un 42.6% de las familias bajo el nivel de pobreza, o sea 4% por encima del Municipio de Caguas para ese mismo censo.

### ***Tasa de Desempleo***

Para Septiembre 2005, la fuerza trabajadora de los municipios que integran la región ascendió a 142,700 personas. Durante ese mismo periodo, la tasa de desempleo de la región fue de 11.7%, cifra que es 1.1% más alta que la de Puerto Rico (10.6%). De los municipios que integran la región, Caguas exhibía la tasa de desempleo más baja con un 10.2%, seguido por Gurabo con un 10.3% y Aguas Buenas en tercer lugar con un 11.2%. El municipio de Caguas presentó una tasa de desempleo de 10.2%, 1.5% por debajo de lo que experimentó la región analizada (Tabla 6-4)

Para el mes de septiembre, había 53,300 empleados y 6,000 desempleados con una tasa de 10.2% para el Municipio de Caguas. En ese mismo mes para la región los empleados eran 142,700 y desempleados 15,900 con una tasa de 11.7%.

**TABLA 6-4: TASA DE DESEMPLEO (SEPTIEMBRE 2005)**

MUNICIPIO	FUERZA LABORAL	TASA DE DESEMPLEO
Aguas Buenas	10,000	11.2
Aibonito	8,800	14.4
Caguas	59,300	10.2
Cayey	17,500	12.5
Cidra	16,100	11.5
Gurabo	15,700	10.3
San Lorenzo	15,300	11.8
<b>Región</b>	<b>142,700</b>	<b>11.7</b>

Fuente: Departamento del Trabajo y Recursos Humanos, Septiembre 2005

### **Tipo de Ingresos en Hogares**

**TABLA 6-5: HOGARES CON INGRESOS PROMEDIOS E INGRESO RETIRO (2000)**

MUNICIPIO	HOGARES CON INGRESO	INGRESO PROMEDIO (\$)	HOGARES INGRESO DE RETIRO	INGRESO PROMEDIO RETIRO (\$)
Aguas Buenas	5,700	27,215	578	17,677
Aibonito	5,071	24,973	891	10,317
Caguas	31,481	30,083	5,722	10,340
Cayey	9,644	24,865	1,909	8,000
Cidra	9,022	28,925	1,328	12,270
Gurabo	8,133	32,478	898	11,990
San Lorenzo	8,317	25,572	999	15,606
<b>Región</b>	<b>77,368</b>	<b>27,730</b>	<b>12,325</b>	<b>12,340</b>

**TABLA 6-6: HOGARES CON INGRESOS PROMEDIO SEGURO SOCIAL Y ASISTENCIA PÚBLICA (2000)**

MUNICIPIO	HOGARES CON INGRESO SEGURO SOC	INGRESO PROMEDIO SEG SOCIAL (\$)	HOGARES CON INGRESO DE ASIST PÚBLICA	INGRESO PROMEDIO ASIST PÚBLICA (\$)
Aguas Buenas	3,292	7,171	2,030	2,146
Aibonito	3,429	6,984	1,776	2,435
Caguas	16,363	7,662	7,610	2,182
Cayey	6,168	7,075	3,035	2,101
Cidra	4,577	6,848	2,497	2,275
Gurabo	3,656	6,779	1,940	2,038
San Lorenzo	4,768	6,428	3,536	2,192
<b>Región</b>	<b>42,253</b>	<b>6,992</b>	<b>22,424</b>	<b>15,369</b>

Fuente: Censo de Población y Vivienda Censo 2000.

Para el municipio de Caguas se registraron 31,481 hogares que recibían ingresos. El ingreso promedio en dólares para el municipio fue de \$30,083. El porcentaje de hogares que recibían ingresos de retiro fue de 18.2% con un promedio de ingreso de \$10,340 (Tabla 6-5). Los hogares recipientes de seguro social y de asistencia pública representaban un 51.9% y un 24.1% respectivamente. El promedio de ingreso del seguro social fue de \$7,662 y de asistencia pública de \$2,182 (Tabla 6-6). La Región tuvo un total de 77,368 hogares con ingreso. El ingreso promedio para la Región fue de \$27,730, un 9.21% por debajo del ingreso promedio de Caguas.

### **Valor Mediano de la Vivienda**

De los municipios que conforman la región (Tabla 6-7), el municipio de Caguas resultó tener la mediana del valor de la vivienda ocupada por dueño más alto con \$63,795, Cayey le sigue con la cantidad de \$59,850 y en tercer lugar Gurabo con \$59,180. En el censo del 2000 los datos fueron recopilados dentro de la muestra básica. En el 1990 la mediana del valor de la vivienda para Caguas fue de \$44,600, para Cayey fue de \$33,100, y para Gurabo de \$33,400.

**TABLA 6-7: VALOR MEDIANO DE LA VIVIENDA**

<b>MUNICIPIO</b>	<b>TOTAL VIVIENDAS</b>	<b>% DEL MUNICIPIO</b>	<b>MEDIANA DEL VALOR \$</b>
Aguas Buenas	6,294	8.0%	50,098
Aibonito	5,768	7.0%	54,863
Caguas	32,127	39.0%	63,795
Cayey	10,166	12.0%	59,850
Cidra	9,492	11.0%	59,031
Gurabo	9,070	11.0%	59,180
San Lorenzo	9,569	12.0%	48,684

Fuente: Censo de Población 2000

### ***Empleo y Sectores Económicos Principales***

Según el censo de población, para el año 2000 había en la región 271,112 personas de 16 años o más, de las cuales 146,898 (el 54%) estaban en el grupo trabajador. Para el municipio de Caguas 106,012 personas de 16 años o más, de las cuales 46,166 (el 43.5%) estaban en el grupo trabajador.

Los sectores que más empleos generaron en la región fueron: Manufactura, Servicios, Comercio y Administración Pública. El sector industrial que generó más empleos fue la Manufactura, con un 27.13 % del total de empleos de la región. Este se concentró en Caguas con un 34.78%, Cayey con un 16.60% y Cidra con el 15.81%.

El segundo sector que más empleos generó fue el de Servicios, con un 26.01% del total de la región, con un 59.55% en Caguas y seguido de Cayey con un 12.71%. El Comercio también presenta un alto porcentaje de empleos en la región con un 22.90%. La Administración Pública tuvo su mayor generador de empleos en los municipios de Caguas y Cayey con más del 62%. El empleo en la Construcción se concentró mayormente en Caguas y Gurabo con más del 72%. Transportación y Finanzas se concentraron en Caguas. Las actividades Agrícolas se concentraron mayormente en Caguas, Aibonito y Aguas Buenas. Caguas, Cayey y Cidra son los tres generadores de empleo principales de la región.

Se observa en la Tabla 6-8, que en el municipio de Caguas los sectores principales de empleo son la educación, salud y servicios sociales con 7,831 empleados. Le sigue en importancia el comercio al por mayor, la construcción, y la administración pública.

**TABLA 6-8: EMPLEOS EN 2000 POR SECTOR PRINCIPAL, MUNICIPIO DE CAGUAS**

<b>SECTOR</b>	<b>EMPLEADOS</b>	<b>% DEL TOTAL</b>
Manufactura	1,634	4.3
Servicios	2,058	5.4
Comercio al Detal	1,675	4.4
Educacion, Salud, y servicios sociales	7,831	20.4
Administración pública	3,850	10.0
Construcción	5,369	14.0
Comercio al por mayor	5,477	14.3
Transportación y Utilidades	947	2.5
Finanzas, Seguros y Bienes Raíces	2,177	5.7
Agricultura, pesca, minería	2,572	6.7
Profesional, científico, administración, gerencia y manejo de desperdicios	2,579	6.7
Artes, entretenimiento, recreación, alojamiento y servicios de Comidas	2,249	5.9
<b>Total</b>	<b>38,418</b>	<b>100</b>

Fuente: Censo Población y Vivienda de 1990 y 2000

En la Tabla 6-9 de distribución de empleo por ocupación principal muestra que las ventas y apoyo administrativo ocupan el primer lugar y le siguen los gerenciales y especialidades profesionales.

**TABLA 6-9: DISTRIBUCIÓN EMPLEO POR OCUPACIÓN PRINCIPAL, CAGUAS**

<b>OCUPACIÓN</b>	<b>2000</b>	<b>% DEL TOTAL</b>
Gerenciales y especialidades profesionales	11,507	29.8
Servicios	5,399	14.0
Ventas y apoyo administrativo	12,052	31.2
Agricultura, pesca y silvicultura	106	0.3
Construcción, extracción y mantenimiento	4,093	10.6
Producción, transportación y traslado de materiales	5,459	14.1
<b>Total</b>	<b>38,616</b>	<b>100</b>

## **B. Justicia Social**

Justicia social significa que toda persona debe ser tratada con imparcialidad e involucramiento significativo bajo todas las leyes y políticas públicas del gobierno. Que exista un trato imparcial, que ninguna población, debido a la autoridad o poder conferido por la política o la economía, llevará la carga de los efectos negativos de los impactos contaminantes a la salud y el ambiente general.

Se determinó que el proyecto según propuesto no impondrá impactos ambientales desproporcionados a minorías y otras poblaciones con desventajas económicas. Esto se debe a que la naturaleza del proyecto es similar a lo existente y al patrón de desarrollo en el área. El nivel de pobreza del municipio de Caguas es el más bajo de la Región con un 38.6 % de la población bajo el nivel de pobreza. El Nivel de Pobreza del Bo. Turabo era de 42.6%, por debajo del de la Región (45.6%).

El análisis de la información antes mencionada, nos lleva a concluir que debido a la situación socioeconómica actual del municipio de Caguas y el Barrio Turabo, comparada con el resto de los municipios y del país, las mejoras de las facilidades existentes y el aumento en uso no representa un caso de injusticia social.

Por el contrario, el proyecto propuesto contribuirá significativamente a proveer facilidades adecuadas para la seguridad de la Región, al mejoramiento de la economía de la comunidad y del municipio proporcionando empleos, y aportando económicamente a las mejoras de la infraestructura del área

## **7. Impactos Ambientales No Evitables Y Medidas de Mitigación**

### **A. Impacto a la Calidad del Agua**

#### **1. Aguas Superficiales – Plan CES**

El cuerpo de agua más cercano al proyecto es el Río Turabo el cual se encuentra aproximadamente 200 m al Este del proyecto. El mismo no será impactado por el proyecto propuesto.

En la condición propuesta, se proveerá una charca de detención para manejar el incremento en escorrentía causado por la impermeabilización de los suelos. Toda la escorrentía del proyecto propuesto descargará a esta charca la cual a su vez descargará al sistema existente en la Ave. Muñoz Marín.

Durante la etapa de construcción se tomarán medidas encaminadas a la protección del sistema pluvial existente evitando que a éste lleguen sedimentos. La charca de detención se utilizará como charca de sedimentación temporera durante la construcción. Esto se logra tapando / sellando temporeramente las estructuras de salida de manera tal que durante la construcción los sedimentos se depositen en la charca.

Estas medidas están acorde con los requerimientos del Reglamento para el Control de Erosión y Sedimentación de la Junta de Calidad Ambiental y el “National Pollutant Discharge Elimination System” de la Agencia Federal de Protección Ambiental.

#### **2. Aguas Subterráneas**

El proyecto propuesto no afectará las aguas subterráneas debido a que no habrá ninguna inyección subterránea como parte del desarrollo.

## **B. Impacto a Áreas Inundables**

De acuerdo con el Panel 1210 de los mapas preliminares de inundaciones de FEMA (“FEMA Firm Maps”), con vigencia del 25 de junio del 2007 una porción del proyecto ubica en Zona X.

## **C. Impactos Ecológicos**

### **1. General**

Todo proyecto de intervención humana tiene efectos que pueden ser anticipados, tanto sobre la flora como sobre la fauna del área donde ocurre la intervención. El impacto incluye como factor principal la eliminación de la capa vegetal y la reducción resultante de hábitat para la vida silvestre.

El impacto puede ser mayor o menor dependiendo de varios factores: la presencia o ausencia de elementos críticos y la utilización del área por los mismos, la ubicación del área con relación a áreas críticas como bosques, reservas naturales o hábitat de especies críticas designados y la presencia o ausencia de sistemas ecológicamente sensitivos como humedales, manglares o estuarios entre otros factores.

Dentro de los límites del proyecto no existen áreas jurisdiccionales. El cuerpo de agua más cercano corresponde al Río Turabo el que se encuentra 200m al Este del proyecto.

El “Environmental Sensitivity Index” publicado por NOAA, recoge y compila la información sobre la ocurrencia de especies amenazadas o en peligro de extinción, además de la ubicación de habitats de importancia. Este mapa localiza además la información contenida en los mapas del programa de patrimonio natural del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. La revisión de dicho mapa determinó que no existen especies raras, amenazadas o en peligro de extinción para la localización propuesta.

En adición, de acuerdo con la localización del proyecto, no existe bosque, sumideros ni cuevas cercanas al área del proyecto.

## **2. Especies Críticas y/o en Peligro de Extinción**

En mayo de 2005 se realizó una evaluación de la flora y la fauna existente en el área del proyecto.

De acuerdo a la evaluación, la flora y fauna existente en el área de estudio es típica de áreas perturbadas por acciones antropogénicas como el pastoreo. No se identificaron especies vulnerables o en peligro de extinción en el área de estudio.

## **3. Áreas Críticas**

Para poder considerar el posible impacto y las medidas de mitigación de un área crítica en específico primero es necesario establecer su existencia en el área del proyecto o en su cercanía. En los siguientes segmentos se discuten los posibles impactos considerando su presencia en el área de estudio.

### Reservas Naturales

El proyecto propuesto no tendrá impacto sobre área alguna incluida bajo esta clasificación, ya que cercano al lugar no existen lugares con estas designaciones.

### Bosques

De acuerdo con la localización del proyecto, no existe bosque alguno dentro de un perímetro de 400 metros.

### Sumideros

De acuerdo a las inspecciones de campo en el área o en sus cercanías no se observa o se reconoce la existencia de sumideros.

## **4. Humedales**

No existen humedales dentro del predio donde se construirá el proyecto.

## **D. Impacto en la Infraestructura**

### **1. Abastos de Agua Potable**

Durante la etapa de construcción, la demanda de agua potable será de aproximadamente 1,000 gpd. Esta demanda será suplida por la AAA.

Durante la etapa de operación la demanda de agua potable para el proyecto total se ha estimado en 120,000 galones diarios, la cual será suplida por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados.

### **2. Alcantarillado Sanitario y Plantas de Tratamiento**

El sistema de alcantarillado sanitario se conectará al sistema existente en la Avenida Muñoz Marín. El volumen de aguas usadas a ser generado por el proyecto es 100,000 GPD.

### **3. Energía Eléctrica**

El proyecto se conectará al sistema de distribución de la Autoridad de Energía Eléctrica. El punto de conexión y las mejoras a realizarse al sistema, si alguna, serán determinados por la AEE durante la evaluación del proyecto. La demanda estimada de energía eléctrica para el proyecto es de 5,000 KVA

### **4. Tránsito y Carreteras**

El Apéndice 2 muestra el Estudio de Tránsito preparado para el proyecto propuesto en Octubre de 2008. El mismo analiza el impacto del proyecto en el tránsito del área y presenta recomendaciones para manejar el aumento en el mismo producido por el proyecto.

Según el estudio, en las horas picos, el proyecto generará 5,645 viajes una vez construido.

Se seguirán las recomendaciones del estudio así como las hechas por la Autoridad de Carreteras y Transportación.

## **5. Desperdicios Sólidos**

Durante la etapa de construcción, el contratista, coordinará con el Municipio de Caguas y la Administración de Desperdicios Sólidos la forma en que se almacenarán y dispondrán los materiales reciclables dentro del proyecto.

Durante la etapa de operación, el proyecto generará 60 yd<sup>3</sup> mensuales.

## **E. Impacto por Ruido**

Durante la etapa de construcción la fuente generadora de ruido consiste básicamente en los equipos de construcción. A estos efectos se tomarán las siguientes medidas de mitigación:

- ? El horario de trabajo será restringido a un periodo diurno, horario de 7:00 AM a 4:00 PM, de lunes a viernes.
- ? Se implantará un programa de mantenimiento del equipo que promueva el buen funcionamiento de los mismos.
- ? Mantener la mayor cantidad de vegetación posible con el fin de crear una barrera contra ruidos.
- ? Regular y establecer una velocidad máxima dentro y en los accesos del área de desarrollo.

Para minimizar el ruido que pueden causar los generadores de emergencia en la fase de operación, éstos estarán localizados en estructuras y a su vez equipados con amortiguadores de ruido. De ser necesario, se implementarán medidas adicionales tales como silenciadores en la tubería de escape, aumentar la longitud de la tubería, paneles acústicos y otros, para mantener la integridad del sistema.

## **F. Impacto en la Calidad de Aire**

Durante la **fase de construcción** del proyecto, se llevarán a cabo actividades, las cuales pueden convertirse en fuentes potenciales de contaminación atmosférica. Estas actividades son: la remoción de vegetación, nivelación del terreno, movimiento de equipo pesado, entre otros. Las actividades de remoción de vegetación y nivelación de terreno serán de corta duración. El movimiento de vehículos pesados para el suministro de materiales y para efectuar la limpieza periódica, se mantendrá durante toda la etapa de construcción, pero el mismo afectará en un grado menor y será controlado eficientemente. Las emisiones generadas durante la etapa de construcción serán controladas para evitar que éstas puedan ganar acceso a la atmósfera mediante la implantación de al menos las siguientes medidas:

- ? Establecer y regular una velocidad máxima a los conductores de vehículos y maquinaria, en el acceso y dentro del área del proyecto.
- ? Mantener en el área del proyecto, por lo menos, un camión tanque con agua y/o sistemas con mangueras para humedecer las vías de rodaje y accesos cuando las condiciones del tiempo lo ameriten.
- ? No se permitirá la sobrecarga de camiones con materiales y éstos deberán estar cubiertos con toldos para evitar que durante su recorrido se emita polvo fugitivo a la atmósfera.
- ? No se permitirá en ningún momento la quema a campo abierto de desperdicios sólidos.

- ? Cuando sea necesario, se lavarán los neumáticos para evitar que transporten lodo y polvo fugitivo a las afueras del proyecto.

Previo a llevarse a cabo la fase de construcción, el desarrollador del Proyecto deberá obtener un permiso de fase de construcción para la operación de una fuente de emisión, según lo establece el RCCA, promulgado por la JCA.

En el caso de las emisiones generadas durante la **etapa de operación**, las mismas serán controladas mediante la implantación de las siguientes medidas:

- ? Los generadores serán utilizados, en la medida que sea posible, en cortos períodos de tiempo. Se estima que los mismos serán operados durante un período máximo de 300 horas al año.
- ? El combustible utilizado por los generadores tendrá un contenido de azufre bajo, lo que limita la producción de contaminantes atmosféricos.

Una vez se construya el Proyecto, la operación del generador de emergencia estará regulada por la Regla 206 del *Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica* de la Junta de Calidad Ambiental. Dicha regla establece que una máquina de combustión interna estará exenta de un Permiso de Fuente de Emisión (Reglas 203/204) sólo si: la máquina de combustión interna tiene una capacidad menor de 10 caballos de fuerza (HP). Por tal razón, previo al comienzo de las actividades de instalación del generador de electricidad se radicará ante la JCA las solicitudes de los permisos correspondientes para la instalación y operación del equipo.

El generador se someterá a un límite de tiempo de uso de horas al año. Por tal razón, no va a ser una fuente de emisión mayor, ni presentará un riesgo significativo al medio ambiente, ni a los residentes de esta zona.

## **G. Impacto Socioeconómico**

La actividad de construcción suele tener efecto directo y positivo en las economías locales y regionales. Uno de estos efectos inmediatos es la generación de empleos. El estimado de los empleos a ser generados por el proyecto es de gran importancia tanto para la economía local de Caguas como de los municipios aledaños.

La Tabla 7-1 muestra la generación de empleos durante la construcción.

**TABLA 7-1: GENERACIÓN DE EMPLEOS DURANTE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO**

<b>EMPLEO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Directos	1,050
Indirectos	364
Inducidos	574

## **H. Impacto en el Uso de Terrenos**

Los terrenos en cuestión se encuentran actualmente baldíos, sin embargo las condiciones del área que corresponde al centro urbano de Caguas, hacen del lugar uno idóneo para el desarrollo del proyecto.

## **I. Impacto sobre Recursos Culturales, Históricos y Arqueológicos**

No existen Recursos Culturales en las cercanías del proyecto según los mapas topográficos del Consejo de Arqueología Terrestre del Instituto de Cultura Puertorriqueño.

## 8. Impactos Secundarios y Acumulativos

Un impacto se define como el efecto que genera una actividad sobre su entorno. Los impactos pueden ser primarios, secundarios y/o acumulativos. Mientras los impactos primarios surgen directamente como resultado de la actividad, los secundarios se generan como resultado directo o indirecto de los impactos primarios y ocurren luego de éstos.

El impacto acumulativo es el impacto sobre el ambiente que resulta del incremento en impacto de la acción cuando se le suman acciones pasadas, presentes o que es razonable predecir en el futuro. Los efectos acumulativos son generados con el tiempo dentro de un espacio determinado y suman los efectos que cada actividad tiene sobre ese espacio considerando que las mismas se hubiesen llevado a cabo simultáneamente.

Para el área específica que nos ocupa, los impactos secundarios y acumulativos surgen de la incorporación del proyecto propuesto a una serie de otros proyectos similares aprobados o en evaluación para el área del proyecto.

La Tabla 8-1 muestra las Consultas de Ubicación radicadas en el municipio de Caguas entre los años 2005-2007.

**TABLA 8-1: CONSULTAS DE UBICACIÓN EN MUNICIPIO DE CAGUAS**

<b>NÚMERO CASO</b>	<b>TIPO PROYECTO</b>	<b>BARRIO</b>
2005-46-0067	Comercial	Río Cañas
2005-46-0308	Comercial	Tomás de Castro
2006-46-0316	Comercial	Turabo
2006-46-0381	Comercial	Cañaboncito
2006-46-0553	Comercial	Turabo
2007-46-0278	Comercial	Turabo
2007-46-0651	Comercial	Tomás de Castro

El impacto acumulativo de estos proyectos se analizó en términos de la infraestructura, la flora y fauna, el uso de suelos, los cuerpos de agua, la calidad del aire, el ruido y los recursos culturales, entre otros.

### **Infraestructura**

Los efectos secundarios y acumulativos sobre la infraestructura incluyen los efectos potenciales sobre el agua potable, las aguas usadas, la energía eléctrica, los desperdicios sólidos y el sistema vial.

Con relación al agua potable, la demanda de agua estimada para suplir las necesidades del proyecto evaluado es de aproximadamente 120,000 GPD. Esta demanda será suplida por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados.

En el Bo. Turabo se han radicado tres (3) Consultas de Ubicación en adición al proyecto propuesto, para desarrollos comerciales. Es necesario que los dueños de los proyectos aprobados en el área aporten a la Autoridad la cantidad establecida por la Agencia para hacer uso del sistema de distribución de agua. Los dueños serán responsables de las mejoras necesarias en el sistema existente lo cual es un impacto positivo para la infraestructura del área.

La demanda proyectada de energía eléctrica para el proyecto aquí discutido será de 5,000 KVA. La misma será adecuadamente atendida por la Autoridad de Energía Eléctrica. De ser necesario, los dueños de proyectos también realizarán aportaciones económicas y mejoras a la infraestructura eléctrica existente para asegurar un servicio adecuado.

Los desperdicios sólidos durante la etapa de operación del proyecto será de aproximadamente 60 yd<sup>3</sup> mensuales. Una compañía privada será la encargada del recogido de desperdicios sólidos.

De acuerdo con el Manual de Generación de viajes del Instituto de Ingenieros de Tránsito, el proyecto propuesto debe generar aproximadamente 20,000 viajes diarios una vez completado. Este volumen puede ser manejado por la Ave. Luis Muñoz Marín. La Autoridad de Carreteras y Transportación coordinará los detalles de diseño a ser considerados por los dueños de los distintos proyectos.

### **Flora, Fauna y Especies Críticas o en Peligro de Extinción**

Aún cuando se reconoce que las obras de construcción producen el desplazamiento de la fauna y la eliminación de gran parte de la cubierta vegetal, del análisis del proyecto aquí incluido podemos concluir que el proyecto será ubicado en terrenos que de una manera u otra han sido perturbados por actividades antropogénicas como lo es el pastoreo.

No se identificaron especies vulnerables o en peligro de extinción en el área de estudio.

### **Humedales y Aguas de los Estados Unidos**

No existen humedales dentro ni en las cercanías del proyecto. El cuerpo de agua más cercano corresponde al Río Turabo el cual se encuentra aproximadamente a 200 m del proyecto. El mismo no será impactado por la acción propuesta.

### **Usos del Terreno**

El solar está calificado como UR-3 y se solicita la recalificación del mismo a un Distrito Comercial UC-2.

### **Recursos Culturales**

No existen Recursos Culturales en las cercanías del proyecto según los mapas topográficos del Consejo de Arqueología Terrestre del Instituto de Cultura Puertorriqueño.

### **Socioeconomía**

El desarrollo de los proyectos propuestos en el área, producirá un impacto socioeconómico positivo. La inversión aproximada del Centro Judicial de Caguas será de aproximadamente 70 millones de dólares.

Se espera además que este proyecto genere cerca de 1,050 empleos directos. Por otro lado, el desarrollo de este proyecto conlleva la construcción de mejoras a la infraestructura del sector.

## **9. Compromisos Irrevocables e Irreparables de Recursos**

El desarrollo de proyectos de construcción conlleva compromisos y usos irreversibles de algunos recursos. Estos usos hacen el recurso irrecuperable para otros usos futuros y su estado no puede ser alterado hasta un tiempo considerable para ser restaurado a su estado original. En el caso que nos ocupa, nos estaremos refiriendo a los recursos suelo y energía. Esta última, no renovable.

### **Suelos**

El desarrollo de proyectos de construcción como el propuesto, compromete, tanto de forma temporal como de forma permanente el recurso suelo. El compromiso temporal surge de la construcción de áreas verdes (jardines, patios y parques), en los cuales el recurso suelo puede ser recuperado a corto tiempo, de ser necesario.

El compromiso permanente surge de la construcción de los elementos que conllevan el depósito de hormigón y la pavimentación.

### **Energía**

Todo proyecto, de construcción, conlleva la utilización de energía. Sin embargo, la utilización de este recurso estará transformada en la realización de un proyecto que redundará en beneficios y llenará una necesidad existente.

## **10. Cómo el Proyecto Armoniza con los Objetivos del Plan de Usos de Terrenos**

El Reglamento de Ordenación de Caguas no incluye disposiciones para el estudio de un desarrollo extenso, sin embargo, la Ley habilitadora de la Junta de Planificación establece claramente que es la agencia facultada para entender en las determinaciones de uso de terrenos de todo Puerto Rico, por lo tanto:

La Junta de Planificación es el organismo administrativo facultado, por el Artículo 4 y 11, Inciso 14 de la Ley #75 del 24 de junio de 1975, según enmendado, para guiar el desarrollo integral de nuestra País y hacer determinaciones sobre el uso de los terrenos en nuestra jurisdicción.

El artículo 13.012 de la Ley #81 del 30 de agosto de 1991 conocida como la Ley de Municipios Autónomos establece que la Junta de Planificación retiene la facultad para entender en aquellos casos de “carácter o impacto regional, no incluidos en un Plan de Ordenación Territorial y que sean importantes para la salud, seguridad y bienestar de la región”. El proyecto bajo consideración es uno de carácter regional y que es importante para la seguridad y bienestar de toda la región.

Por otro lado la Sección 10.00 del Reglamento de Ordenación Territorial establece la forma en que se puede estudiar un caso que conlleve variaciones en uso y esta facultad según se establece en la Sección 13.012 de la Ley #81 de 30 de agosto de 1991 se reserva para la Junta de Planificación. La Sección 10.01 del Reglamento antes indicado establece lo siguiente:

### **Sección 10.01 – Variaciones**

10.01.01 – Disposición General – La Junta de Planificación o la Administración de Reglamentos y Permisos, según corresponda, podrá autorizar variaciones en los requisitos de este Reglamento conforme se indica en esta Sección.

– Propósito – El propósito de las variaciones será evitar que la aplicación literal de los requerimientos de este Reglamento resulte en una confiscación del disfrute de la propiedad.

– Iniciativa – Toda variación deberá ser solicitada por el dueño, o su representante autorizado, de la propiedad para la cual solicita la misma, utilizando el formulario que se designe para tales propósitos señalando motivos, fundamentos y razones en apoyo de su solicitud.

– Vistas Públicas – La Junta o la Administración celebrará vistas públicas para la consideración de variaciones en uso solicitadas y podrá considerar varias solicitudes de variaciones en una sola vista pública. En la celebración de las vistas públicas para considerar variaciones se observarán los requisitos y el proceso aplicable señaladas en las Sub-secciones 3.02.09 de este Reglamento. La Agencia notificará la decisión que se tome sobre las solicitudes a las partes.

– Variaciones en Uso – La Junta o la Administración cada cual en su ámbito jurisdiccional, podrá autorizar variaciones en uso cuando se pueda establecer que ninguno de los usos que están permitidos en el distrito es factible en la propiedad desde el punto de vista físico o económico. Se tomará en consideración, entre otros, lo siguiente:

1. El costo de adaptar la propiedad a los usos permitidos debido a disposiciones de este u otros reglamentos y el beneficio que se derivaría una vez adaptada ésta para los usos permitidos.
2. Las razones por las cuales ningún uso permisible es factible en la propiedad sin variación deben ser únicas a la misma y no una característica general del distrito o del sector del distrito donde ubica. No podrán haber sido causadas por el dueño.
3. El uso para el cual se solicita la variación a las disposiciones reglamentarias es compatible con los propósitos del distrito y con el vecindario o comunidad en que ubica.

4. La variación solicitada no afecta adversamente, entre otros, los siguientes factores:
  - a. La disponibilidad de infraestructura
  - b. El contexto en el que ubica
  - c. El ambiente de la calle
  - d. La seguridad y tranquilidad de los vecinos
  
5. El uso propuesto beneficie al vecindario.
  
6. El uso para el cual se solicita la variación está permitido por las disposiciones del Capítulo IX sobre Zonas Escolares de este Reglamento.”

El solar está calificado como UR-3 y se solicita la recalificación del mismo a un Distrito Comercial UC-2 y el proyecto cumple con todos los parámetros según la siguiente tabla.

<b>SECCIÓN</b>	<b>PARÁMETRO</b>	<b>REQUERIDO</b>	<b>PROPUESTO</b>
3.13.02	Usos	Oficinas	Oficinas

3.13.03	Altura	Ver Nota	7 pisos
3.13.04	Solar	450 mc	61,666.685 mc
3.13.06	Área de Ocupación	75% del Solar	24.82 %
3.13.07	Area Bruta	375%	60.34%
3.13.08	Patio Delantero	2.0 metros	6.02 metros
3.13.09	Patios Laterales	2.0 metros	4.80 metros
3.13.10	Patio Posterior	3.0 metros	56.29 metros
6.02.03	Estacionamiento	1,300	1,333

Nota-La altura permitida no tiene límites siempre y cuando se cumpla con los parámetros de patios y área bruta de piso.

## **11. Personal Científico a Cargo de la Preparación de este Documento**

### A. Osvaldo Rivera & Associates

Ing. Osvaldo Rivera Cruz

Ing. Wilma Yunes

## **12. Cartas de las Agencias**

El Apéndice 3 muestra copia de las cartas de las agencias.

### **A. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales**

En comunicación del 27 de mayo de 2008, dirigida a Carmen Torres, Secretaria de la Junta de Planificación, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) no objeta el proyecto propuesto sujeto a lo siguiente:

- Permiso para el Control de Erosión y Sedimentación de la Junta de Calidad Ambiental
- Cumplimiento con Reglamento de Planificación Núm. 25 con especificaciones de árboles nativos.
- Cumplimiento con Reglamento sobre Áreas Especiales de Riesgo a Inundación.
- Cumplimiento con Sección 14 del Reglamento Núm. 3 (Manejo de Aguas Pluviales)
- Cumplimiento con Reglamento Núm. 6916 (Para Regir la Extracción, Excavación, Remoción y Dragado de los Componentes de la Corteza Terrestre).
- Informar sobre hallazgos de cuerpos de agua superficiales o subterráneos en el predio objeto de desarrollo.

*Todos los aspectos mencionados han sido discutidos en el documento que se presenta.*

## **B. Autoridad de Carreteras y Transportación**

La Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT) en comunicación del 2 de junio de 2008 dirigida a Carmen Torres, Secretaria de la Junta de Planificación, expone lo siguiente:

- La media sección futura para la PR-32 será de 7.5 m.
- Se construirán las obras de ensanche para la carretera de acuerdo a su media sección de 7.5 m.
- Se deberá dedicar a uso público la franja de terreno necesaria para completar la media sección.
- Si dicha servidumbre de paso de la carretera es mayor que la sección requerida, deberá obtener una Certificación de Conformidad de Colindancia de la Oficina de Derecho de Vía del Área de Adquisición de Propiedades.
- El acceso al proyecto propuesto deberá ser tipo calle con dos carriles de entrada de 3.65m de ancho y uno de salida de 4.0 m.
- Deberá ilustrar en todas las hojas de plano el norte magnético y deberá identificar la Avenida Luis Muñoz Marín como la carretera PR-32.
- Deberá incluir en las aceras las rampas de impedidos necesarias para eliminar barreras arquitectónicas que interfieran con el libre flujo de tránsito peatonal de personas con impedimentos.
- Se deberá localizar el área de depósito de basura dentro de los predios del proyecto.
- Deberá instalar una verja sobre un muro de 8 pulgadas de alto en el límite de la media sección futura para la PR-32.
- Para el establecimiento de cualquier sistema o dispositivo para el control de tránsito en la calle de acceso al proyecto, se deberá

solicitar el endoso al Departamento de Transportación y Obras Públicas.

- El desarrollo estará sujeto al pago de la exacción por impacto.

*El diseño del proyecto sigue las recomendaciones de la ACT.*

### **C. Autoridad de Energía Eléctrica**

La Autoridad de Energía Eléctrica en comunicación del 20 de mayo de 2008 dirigida a Carmen Torres, Secretaria de la Junta de Planificación, expone lo siguiente:

- El dueño del proyecto o su representante tiene que solicitar una evaluación de campo del proyecto de la AEE.
- El diseñador de la fase eléctrica tiene que ser un ingeniero licenciado y colegiado autorizado para ejercer su profesión en P.R.
- El dueño del proyecto es responsable de cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento de Servidumbres para la AEE.
- En caso de que la AEE esté realizando una obra en el área del proyecto, el dueño deberá cumplir con las adquisiciones de nuevas servidumbres por parte de la AEE en el proyecto de referencia.
- En caso de que el proyecto afecte un sistema de riego, el dueño del proyecto o su representante tiene que solicitar el endoso de la división de Servicios de Riego, Represas y embalses de la AEE.

*El diseño del proyecto sigue las recomendaciones de la AEE.*

## CERTIFICACION

Yo, **Oswaldo Rivera Cruz**, mayor de edad, soltero y residente del municipio de San Juan, certifico que he preparado la **Declaración de Impacto Ambiental Preliminar** para el desarrollo **Nuevo Centro Judicial de Caguas** a nombre de **Oficina de Administración de Tribunales**.

Sobre la misma certifico:

1. Que toda información vertida en esta es cierta a mi mejor saber y entender.
2. Que reconozco las implicaciones que conlleva someter información falsa e inconclusa.

Para que así conste firmo la presente en **San Juan, Puerto Rico** hoy **27 de octubre de 2008**.

---

Oswaldo Rivera Cruz  
Consultor Ambiental

## CERTIFICACION

Yo **Javier Matos** funcionario responsable designado de **Oficina de Administración de Tribunales** he evaluado, revisado y aceptado la información contenida en el documento ambiental realizado para el desarrollo **Nuevo Centro Judicial de Caguas**.

En relación al proyecto antes mencionado y su correspondiente documento ambiental, CERTIFICO QUE:

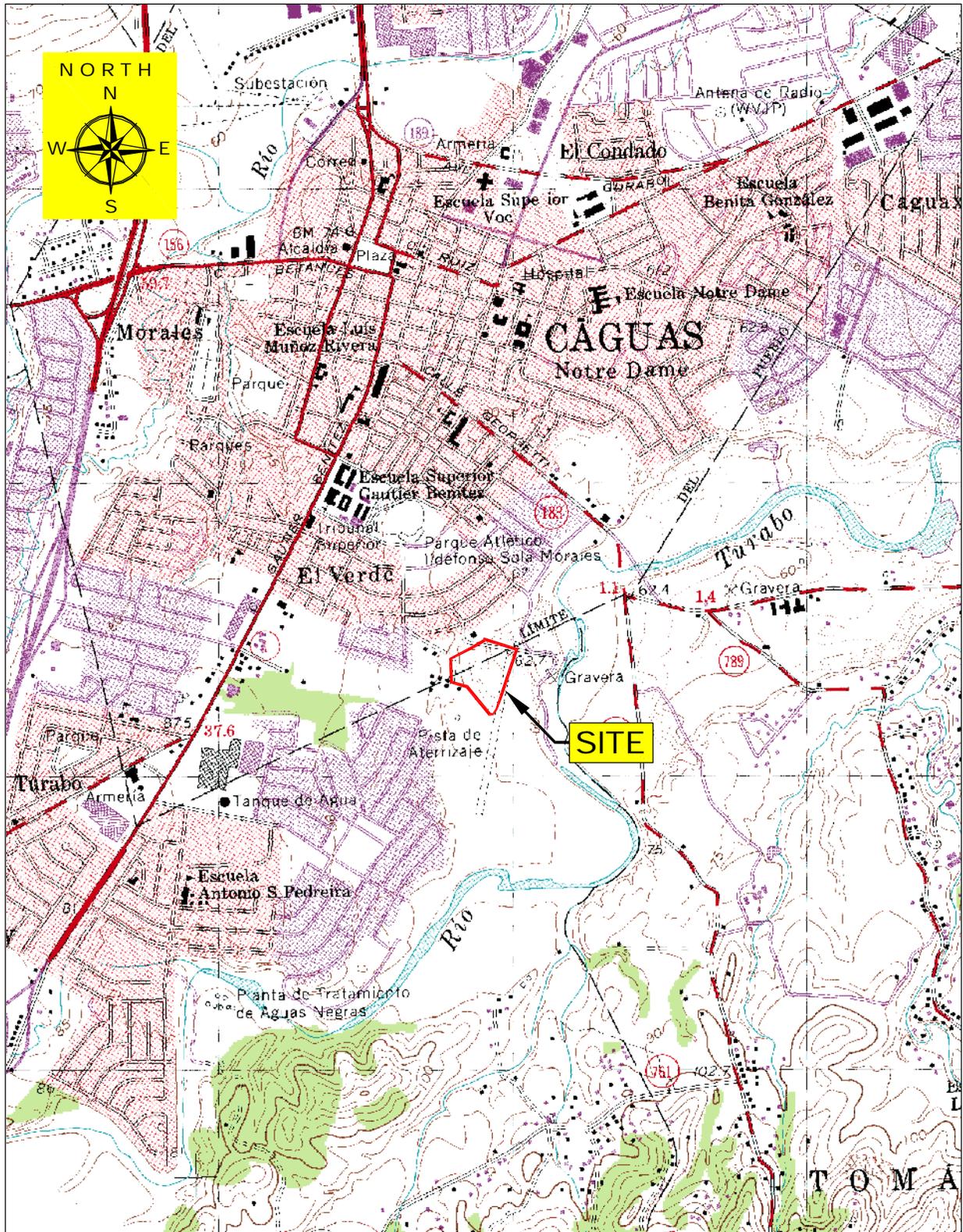
1. Toda la información vertida en el documento ambiental es CIERTA, CORRECTA, COMPLETA a mi mejor saber y entender.
2. AFIRMO Y RECONOZCO las consecuencias de incluir y someter información incompleta, incluida o falsa en dicho documento.

Y para que así conste, firmo la presente certificación en \_\_\_\_\_ de Puerto Rico, hoy día \_\_\_\_\_.

---

Firma

# FIGURAS



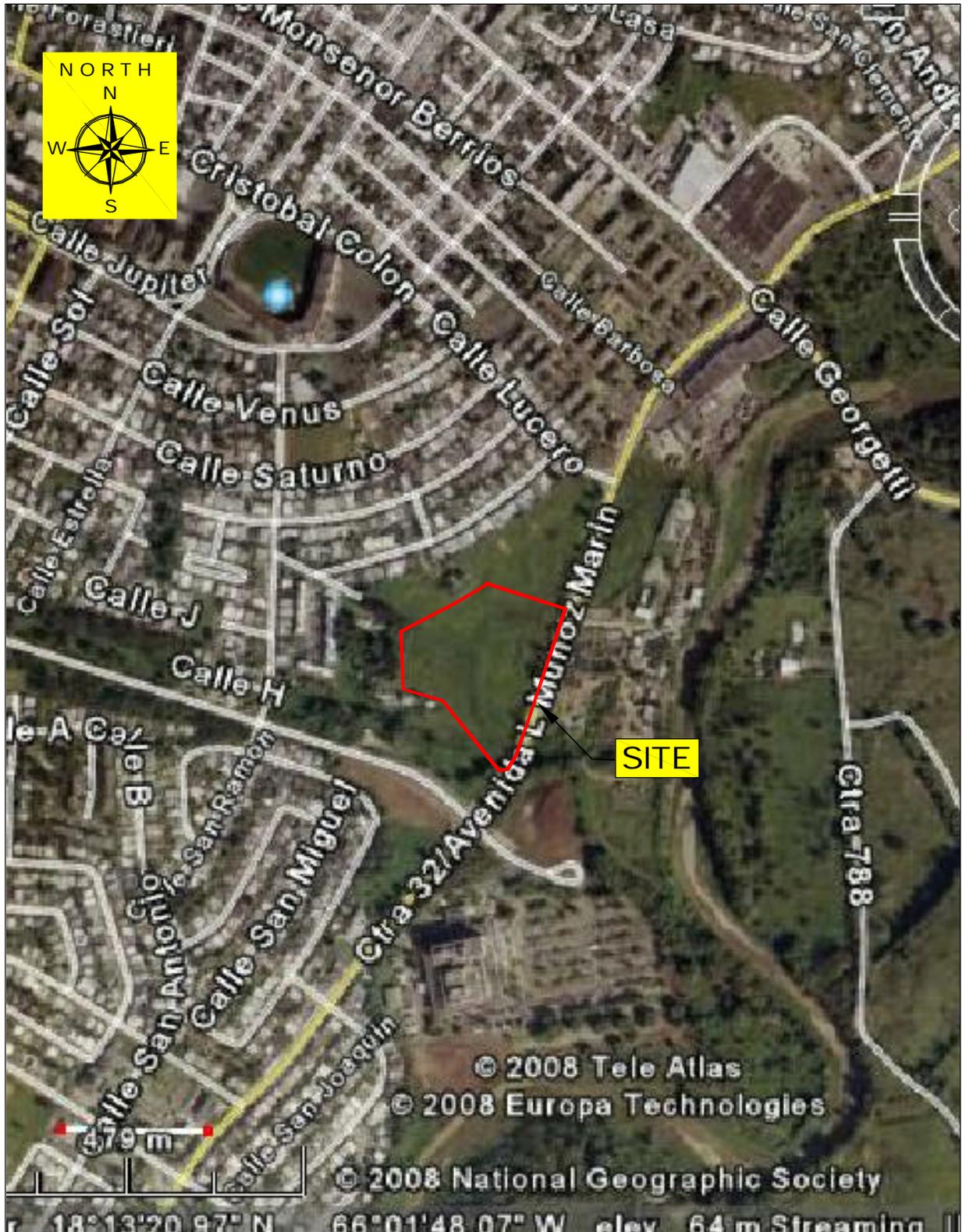
REFERENCIA : CUADRANGULO TOPOGRAFICO DE CAGUAS

ESCALA 1: 20,000

DIA-PRELIMINAR

CENTRO JUDICIAL CAGUAS

FIGURA 1: LOCALIZACION DEL PROYECTO

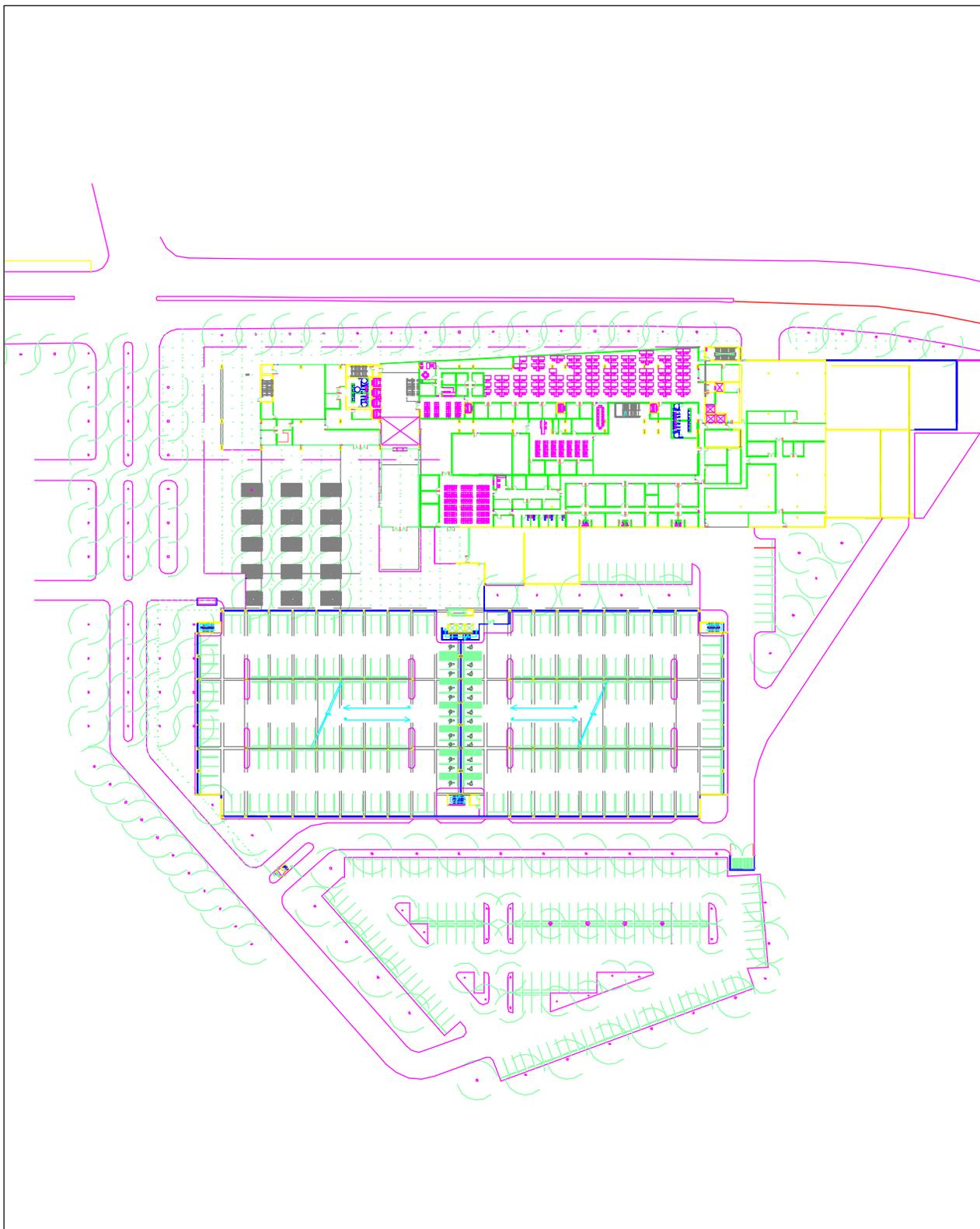


REFERENCIA : FOTO AEREA  
 ESCALA 1: 8,000

DIA-PRELIMINAR

CENTRO JUDICIAL CAGUAS

FIGURA 2: LOCALIZACION DEL PROYECTO

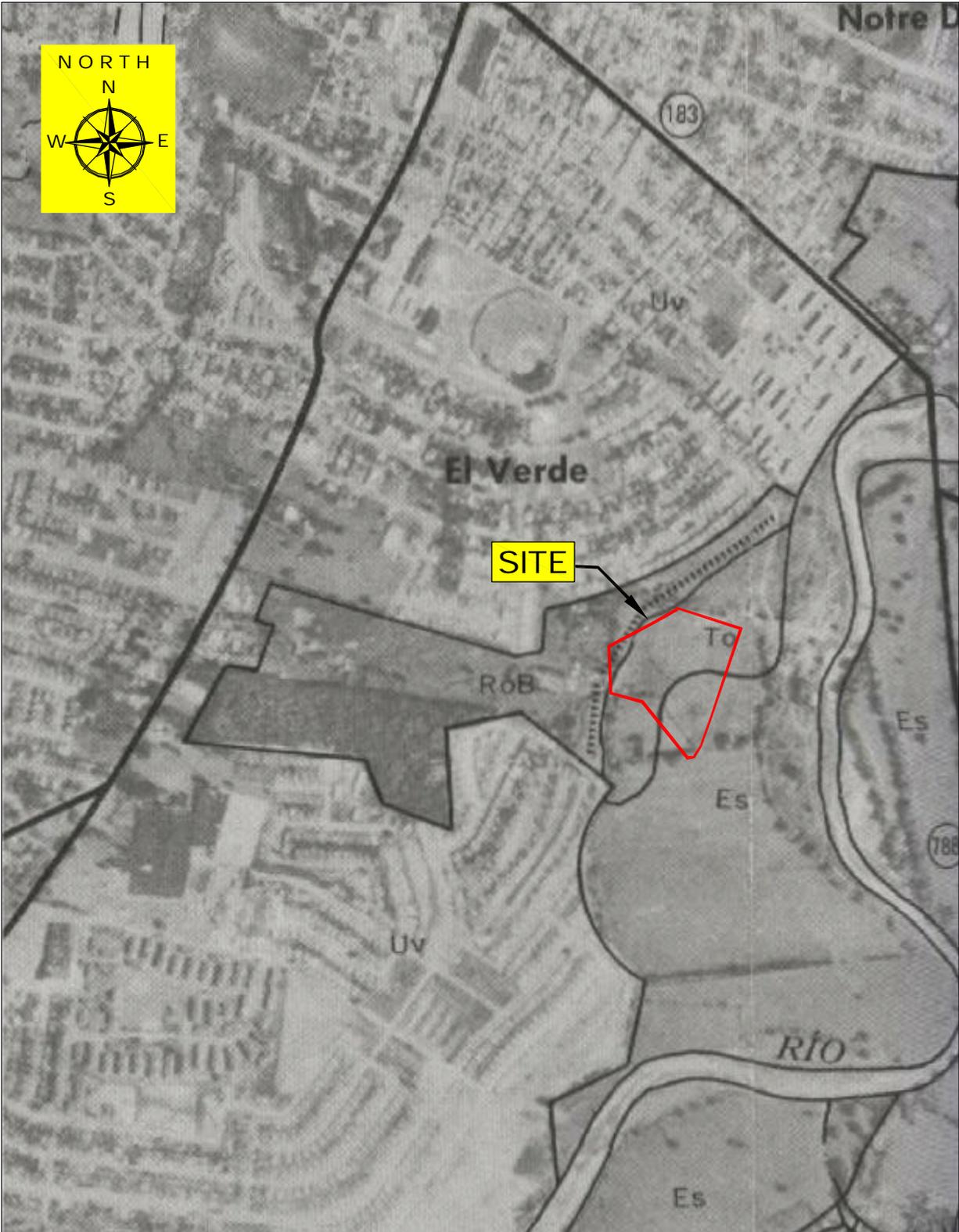


ESCALA 1: 1,500

DIA-PRELIMINAR

CENTRO JUDICIAL CAGUAS

FIGURA 3:PROYECTO  
PROPUESTO

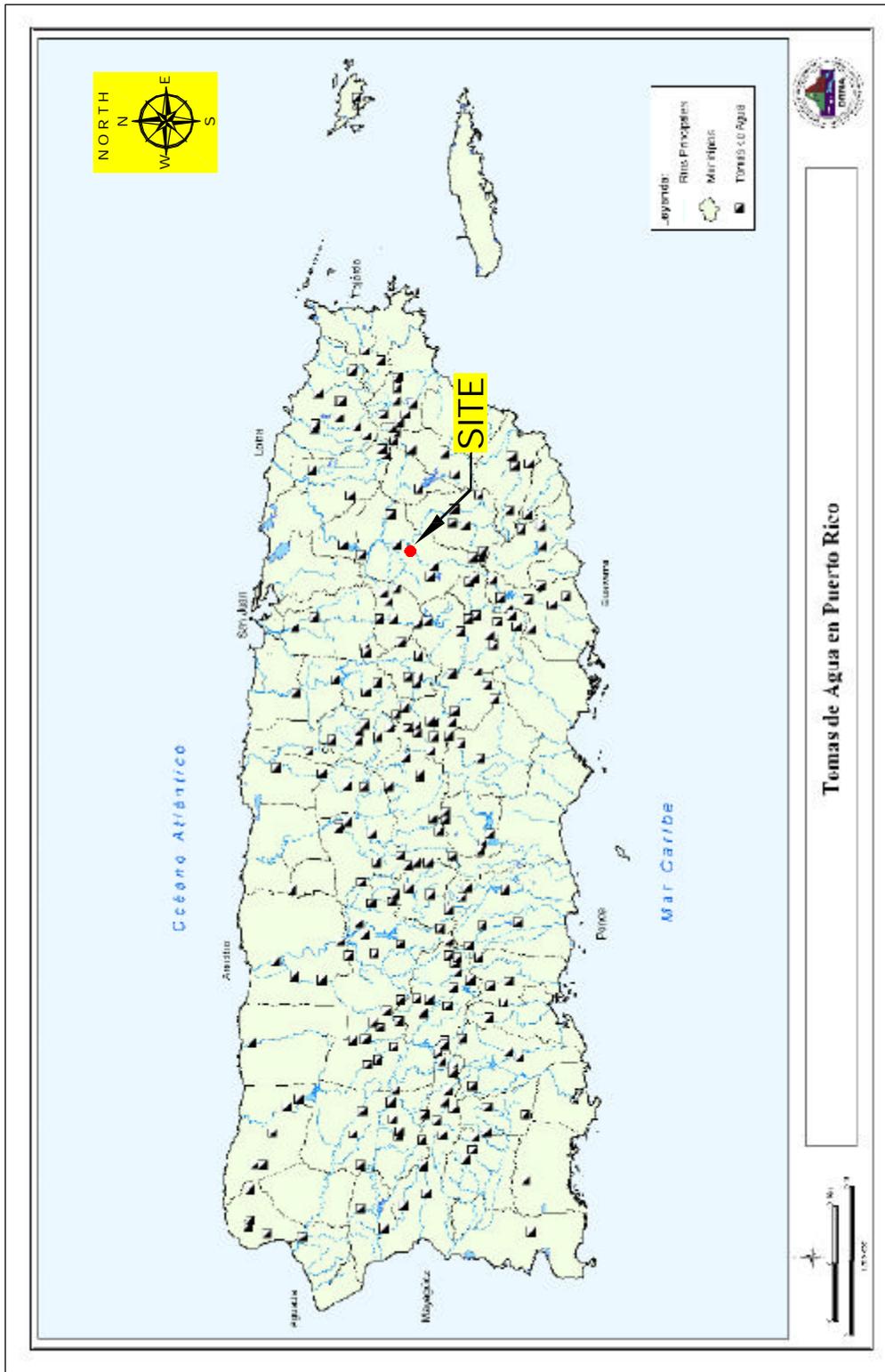


REFERENCIA : MAPA DE SUELOS DE SAN JUAN, HOJA #36  
ESCALA 1: 10,000

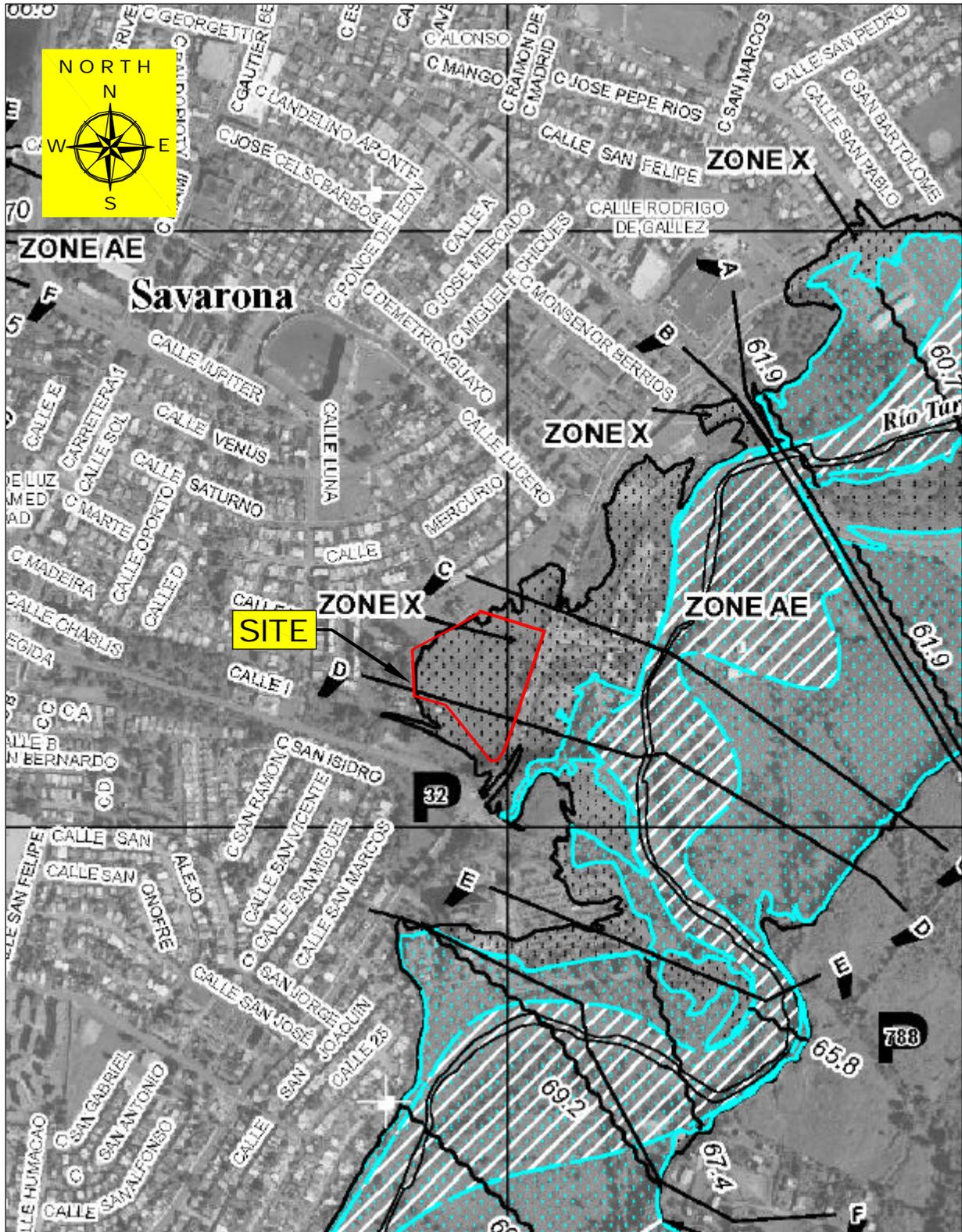


REFERENCIA : Portal de Sistemas de Información Geográfica  
NO A ESCALA

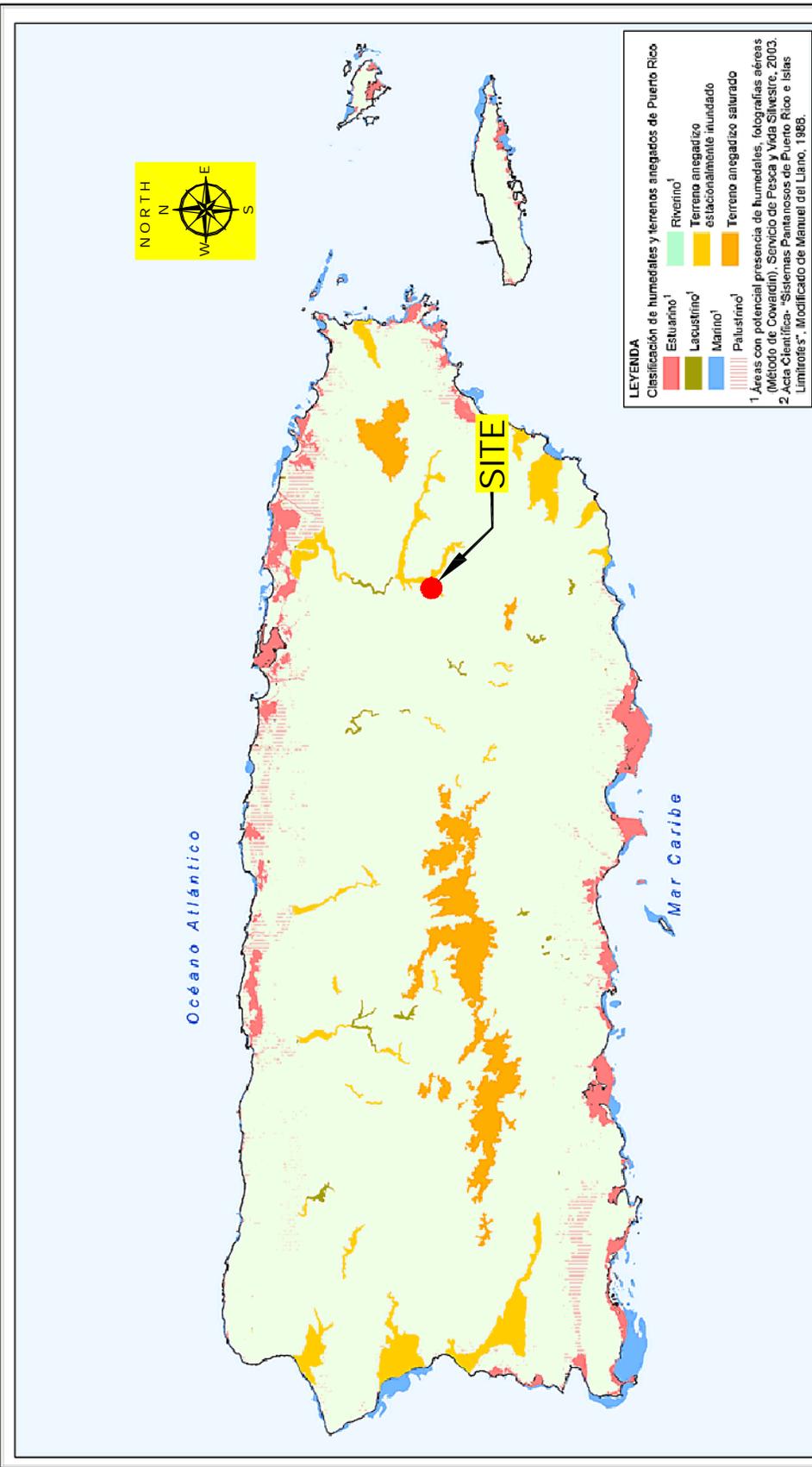




NO A ESCALA



REFERENCIA : MAPA DE INUNDACION DE FEMA  
 ESCALA 1: 10,000



**LEYENDA**  
 Clasificación de humedales y terrenos anegados de Puerto Rico

	Estuario <sup>1</sup>		Riberino <sup>1</sup>
	Terreno anegadizo estacionalmente inundado		Marino <sup>1</sup>
	Terreno anegadizo saturado		Palustino <sup>1</sup>

1. Áreas con potencial presencia de humedales, fotografías aéreas (Método de Cowardin). Servicio de Pesca y Vida Silvestre, 2003.  
 2. Área Científica- "Sistemas Pantanosos de Puerto Rico e Islas Limitótes". Modificado de Menéndez del Llano, 1966.



**Humedales en Puerto Rico**

NO A ESCALA

**APENDICE 1**  
**ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA**



# **Golden Environmental Corp.**

**Consulting Division**

144 Calle Zirconia Urb. Los Prados Sur Dorado PR 00646

## ***ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA***

***Brisas del Verde, Caguas  
Lote Residencial***

***Sometido a***

***Ecoconsult***

***9 de mayo de 2005***

## **INDICE**

<b>A. Descripción del Proyecto</b> .....	2
<b>B. Localización</b> .....	2
Figura 1. Ubicación del proyecto (Mapa topográfico USGS, 1:20,000).....	2
<b>C. Descripción del Área de Estudio</b> .....	3
<b>D. Zonas de Vida</b> .....	3
<b>E. Tipos de bosques</b> .....	3
<b>F. Suelos</b> .....	3
<b>G. Geología</b> .....	3
<b>H. Alcance del estudio</b> .....	4
<b>I. Metodología de estudio</b> .....	4
<b>J. Environmental Sensitivity Index</b> .....	5
<b>K. Resumen Flora y Fauna Presente en los Puntos de Observación</b> .....	5
<b>L. Impacto Sobre la Flora y Fauna</b> .....	6
Tabla 1. Resumen de Flora observada.....	6
Tabla 2. Resumen de Fauna observada.....	7
<b>Bibliografía</b> .....	8
<b>Anejo 1. Mapa de Localización</b> .....	10
<b>Anejo 2. Foto aérea</b> .....	11
<b>Anejo 3. Tipos de Suelo</b> .....	12
<b>Anejo 4. Mapa de Geología</b> .....	13
<b>Anejo 5. Acuíferos</b> .....	14

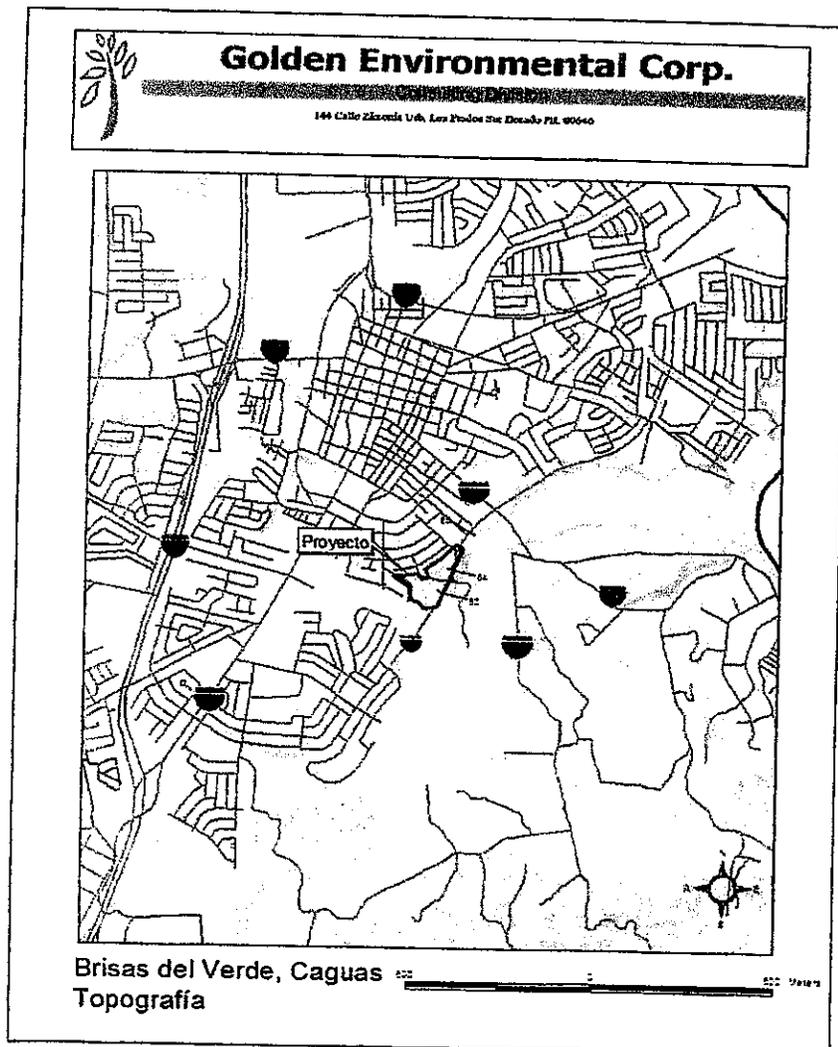
**A. Descripción del Proyecto**

El proyecto propuesto consiste en el desarrollo de 306 apartamentos tipo walk-up en la carretera estatal PR - 183 del Municipio Autónomo de Caguas. Los terrenos colindan por el norte con la Urb. El Verde, por el sur con la Susc. Sr. Luis Cartagena, por el este con con la calle Lucero de la Urb. El Verde y la Ave. Luis Muñoz Marín y por el oeste con el Camino Municipal La Industria.

**B. Localización**

El Proyecto está localizado en la Ave. Luis Muñoz Marín Int. Boulevard Cristóbal Colón del Municipio Autónomo de Caguas.

Figura 1. Ubicación del proyecto (Mapa topográfico USGS, 1:20,000)



### **C. Descripción del Área de Estudio**

El área de estudio consta de aproximadamente 15.4980 cuerdas de terreno. La topografía de los terrenos es semi-llana. Estos terrenos se encuentran en desuso y poseen poca vegetación. Tanto las zonas de pastizales abiertos como las zonas ligeramente forestadas presentan vegetación típica de zonas impactadas por acciones antropogénicas. Especies arbóreas como india padauk (*Pterocarpus indicus*) y tulipán africano (*Spathodea campanulata*) dominan el área.

### **D. Zonas de Vida**

El área de estudio esta localizada la zona de vida "Sub tropical moist forest" (Ewel and Witmore).

### **E. Tipos de bosques**

El área de estudio está localizada en la región "Lower cordillera forest" (Little, et.al.).

### **F. Suelos**

Los suelos están clasificados como "Río Arriba Clay", "Toa Silty Clay Loam" y "Urban land-Vega Alta complex". La serie Río Arriba consta de suelos moderadamente drenados con permeabilidad lenta. Por su parte, la serie Toa consiste de suelos bien profundos, de buen drenaje y moderadamente permeables en los planos de inundación de los ríos. La serie Vega Alta consiste de suelos bien profundos, de buen drenaje, moderadamente permeables en las áreas de altas y en las terrazas. Estas series no están listadas como suelos hídricos de Puerto Rico (véase Anejo 3. Tipos de Suelo).

### **G. Geología**

La geología está clasificada como "Alluvium" (véase Anejo 4. Geología).

#### **H. Alcance del estudio**

Según solicitado por Ecoconsult, este estudio describe la flora y fauna presente en 3 puntos de observación en el área a ser impactada por el desarrollo del proyecto. El estudio no incluye la estimación de poblaciones de ninguna de las especies de flora y fauna presente en el área.

#### **I. Metodología de estudio**

Dado que los terrenos incluidos en el área de estudio tienen características marcadamente distintas (pastizales abiertos y áreas ligeramente forestadas) se decidió aplicar la metodología de muestreo de grupo "cluster sampling". En cada punto de muestreo se estableció un área de muestreo circular (Tipo I) de 8 metros de radio (equivalente a un área de 200 metros cuadrados o .045 acres) y una sub área (Tipo II) de 2 metros de radio (equivalente a un área de 12.56 metros cuadrados o .003 acres) (véase la figura 2).

En las zonas de muestreo tipo I se identificaron todas aquellas especies de árboles con un diámetro a la altura de la cintura (DBH) de 3 pulgadas o más; mamíferos a través de observación directa, nidos o rastros; y las aves presentes a través de observación directa, canto o presencia de nidos. En la zona de muestreo tipo II se identificaron aquellos árboles o arbustos con un DBH menor a 3 pulgadas; se identificaron los bejucos y gramíneas; los anfibios mediante observación directa o canto; y los reptiles mediante observación directa o presencia de nidos o rastros.

Los puntos de muestreo fueron visitados el día 5 de mayo de 2005, se observó e identificó árboles, arbustos y demás elementos de flora; reptiles, mamíferos y aves. Las condiciones del tiempo fue mayormente soleado.

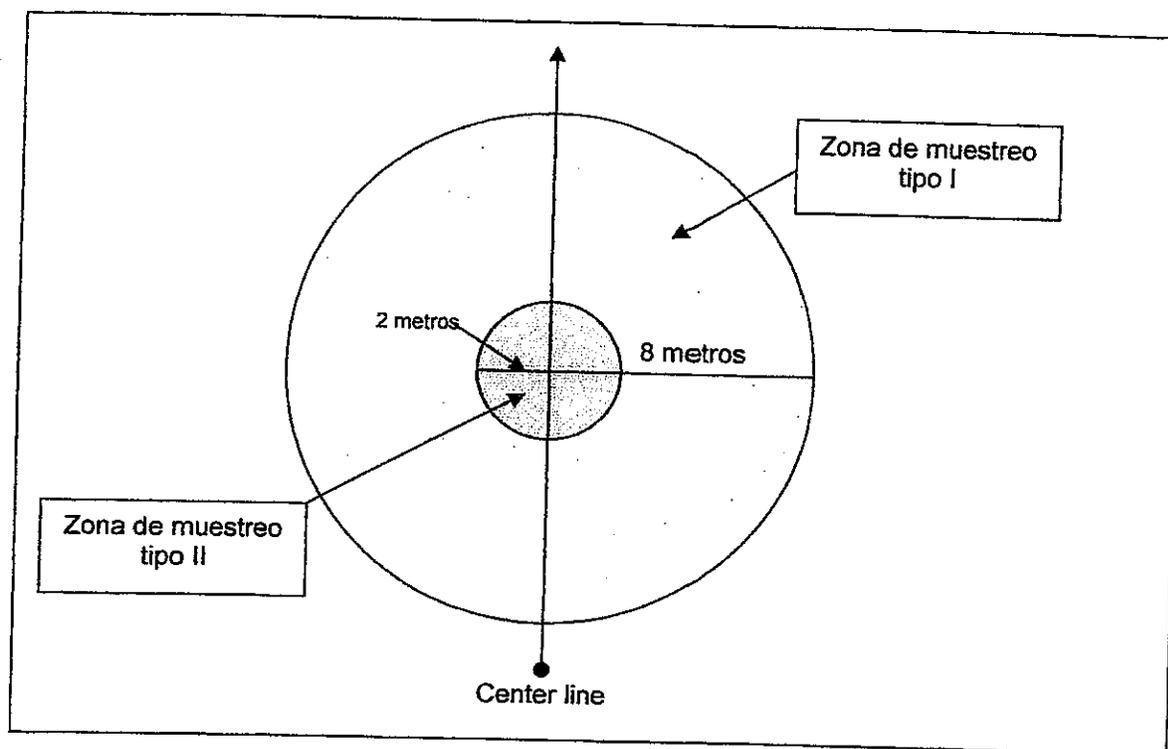


Figura 2. Diagrama de los puntos de muestreo

### **J. Environmental Sensitivity Index**

El "Environmental Sensitivity Index" publicado por la NOAA, recoge y compila la información sobre la ocurrencia de especies amenazadas o en peligro de extinción, además de la ubicación de habitats de importancia. Este mapa localiza además la información contenida en los mapas del programa de patrimonio natural del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.

Según se puede observar en el mapa, no existen especies raras, amenazadas o en peligro de extinción para la localización propuesta.

### **K. Resumen Flora y Fauna Presente en los Puntos de Observación**

La flora y fauna existente en el área de estudio es típica de áreas perturbadas por acciones antropogénicas como el pastoreo. El DBH de los árboles y arbustos observados era en su mayoría menor a 10 pulgadas lo que sugiere

## Estudio de Flora y Fauna "Brisas del Verde, Caguas"

que la perturbación antropogénica fue relativamente reciente. Se observaron cinco (5) especies de árboles y una (1) especie arbusto común. Una (1) especie de bejuco común también fue identificada. Además se observaron dos (4) especies de reptiles residentes y una (1) especie de anfibio. No se identificaron especies vulnerables o en peligro de extinción en el área de estudio (véase Tabla 1 y 2).

### L. Impacto Sobre la Flora y Fauna

La flora y fauna presente en el área de estudio es típica de áreas que han sido utilizadas históricamente para pastoreo. La variedad de especies es limitada y está compuesta mayormente por especies comunes y de amplia distribución. Estas especies se adaptan fácilmente a su entorno e inclusive pueden coexistir en áreas desarrolladas. Ninguna especie listada como protegida o en peligro de extinción se verá afectada por el desarrollo del proyecto. Al cumplir con la mitigación requerida por el Reglamento 25 se deberá sembrar especies que produzcan alimento para las especies de fauna que se verán afectadas por el desarrollo del proyecto.

**Tabla 1. Resumen de Flora observada**

Nombre científico	Nombre común	Datos adicionales
<i>Pterocarpus indicus</i>	Pterocarpus	
<i>Swietenia mahogany</i>	Caoba dominicana	
<i>Delonix regia</i>	Flamboyán	
<i>Ficus benjamina</i>	Laurel de benjamina	
<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán africano	FACU
<i>Merremia quinquefolia</i>	Batatilla blanca	
<i>Cordia sebestena</i>	Vomitel colorado	

Estudio de Flora y Fauna "Brisas del Verde, Caguas"

Tabla 2. Resumen de Fauna observada

Nombre científico	Nombre común	Datos adicionales
<b>Reptiles</b>		
<i>Iguana iguana</i>	Gallina de Palo	Residente abundante
<i>Anolis cristatellus</i>	Lagartijo Común	
<i>Ameiva exsul</i>	Iguana	
<i>Sphaerodactylus macrolepis</i> <i>guarionex</i>	Gecko	
<b>Anfibios</b>		
<i>Eleutherodactylus coqui</i>	Coquí común	
<b>Aves</b>		
<i>Casmerodius albus</i>	Garza real	Abundante para Puerto Rico.

## ***Bibliografía***

Acevedo-Rodríguez, Pedro; Woodburry, Roy O. **LOS BEJUCOS DE PUERTO RICO** Volumen I. Volúmenes I. Gen. Tech. Rep. SO-58. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station; 1985. 331p.

Alain Liohier, Henri. **DESCRIPTIVE FLORA OF PUERTO RICO AND ADJACENT ISLANDS.** Editorial de la Universidad de Puerto Rico, 1985.

Biaggi, Virgilio. **LAS AVES DE PUERTO RICO.** Editorial Universitaria, 1970.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. **GUIAS DE REFORESTACION PARA LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DE PUERTO RICO (informe final).** 3 de abril de 1998.

Little, Elbert L. Jr. and Wasdworth, Frank H. **COMMON TREES OF PUERTO RICO AND THE VIRGIN ISLANDS.** Reprinted 1989. U.S. Department of Agriculture, Forest Service 1964.

Little, Elbert L. Jr.; Woodberry, Roy O.; Wasdworth, Frank H. **TREES OF PUERTO RICO AND THE VIRGIN ISLANDS.** Second Volume 1994. U.S. Department of Agriculture, Forest Service 1974.

Más, Edwin & García Molinari, Ovidio. **GUÍA ILUSTRADA DE YERBAS COMUNES EN PUERTO RICO.** UPR-RCM Colegio de Ciencias Agrícolas / Servicio de Extensión Agrícola, 1990.

*Estudio de Flora y Fauna "Brisas del Verde, Caguas"*

Miner Solá, Edwin. **ARBOLES DE PUERTO RICO Y EXOTICOS**. Serie: Puerto Rico ecológico Vol 1. Primera impresión 1995.

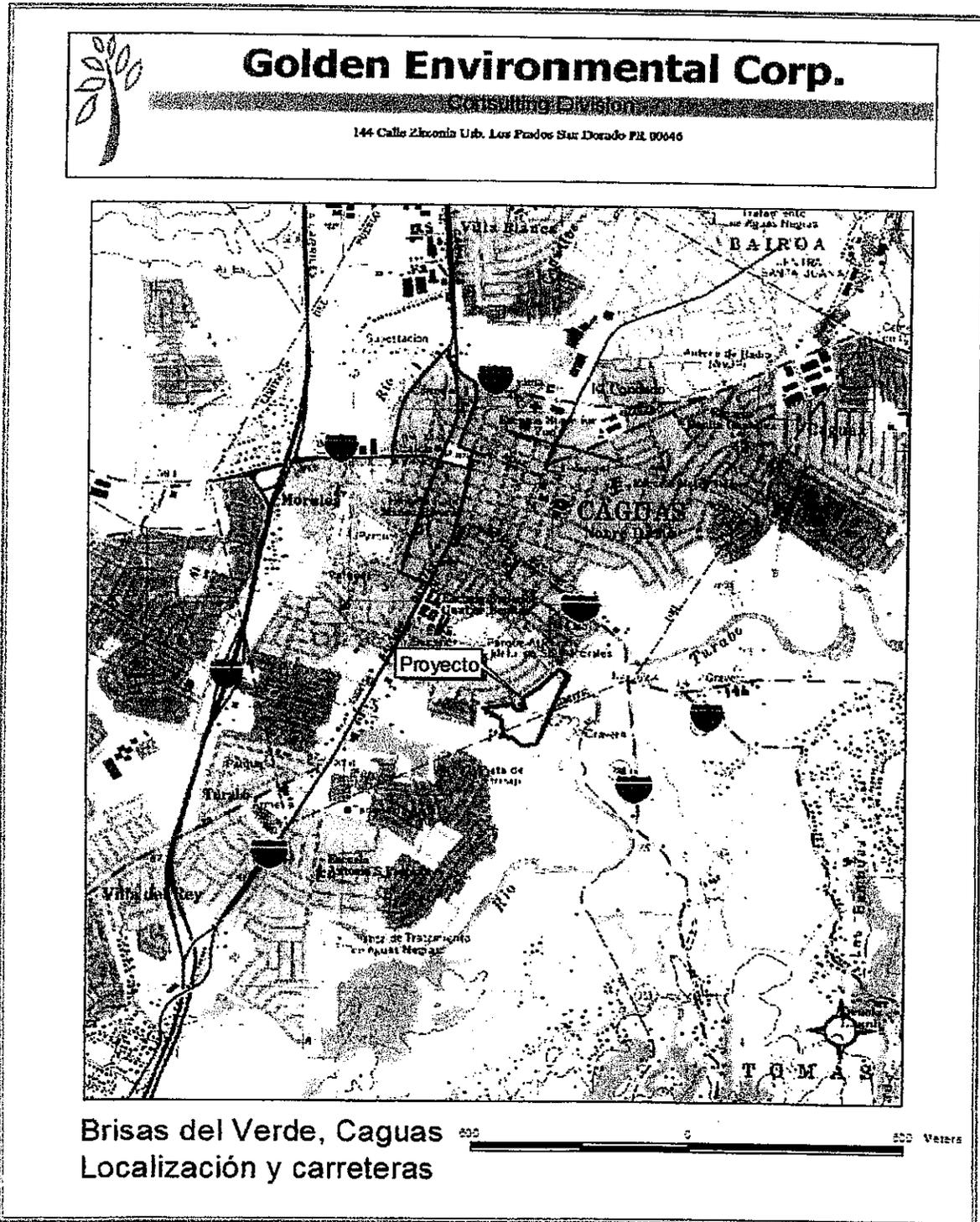
Miner Solá, Edwin. **FLORES DE PUERTO RICO Y EXOTICAS**. Serie: Puerto Rico ecológico vol. IV. Primera impresión 1998.

Raffaele, Herbert A. **A GUIDE TO THE BIRDS OF PUERTO RICO AND THE VIRGIN ISLANDS**. Revised Edition 1989, Princeton University Press.

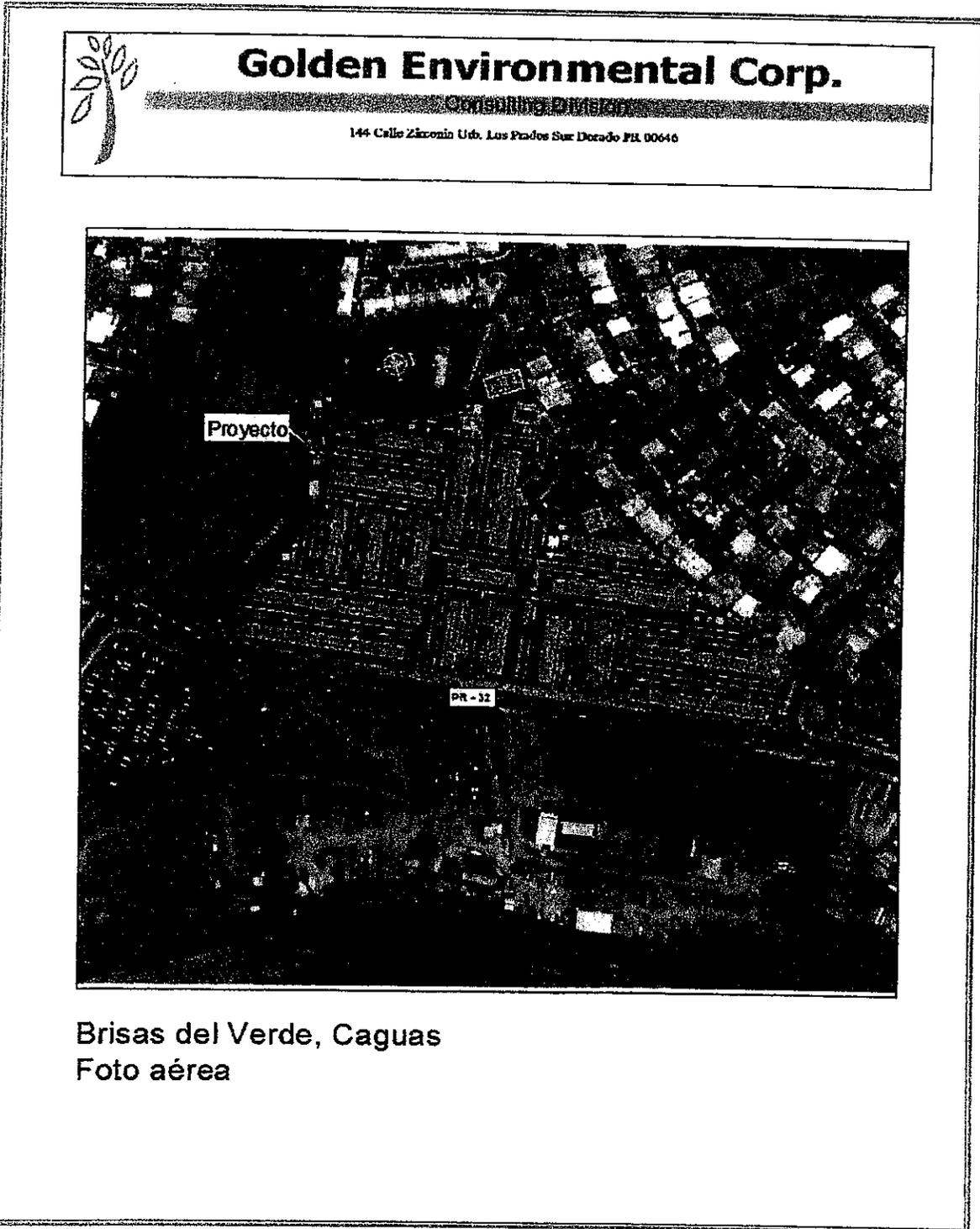
Rivero, Juan A. **LOS ANFIBIOS Y REPTILES DE PUERTO RICO**. Segunda Edición Revisada 1998, Editorial de la Universidad de Puerto Rico.

Schubert, Thomas H. **ARBOLES PARA USO URBANO EN PUERTO RICO E ISLAS VÍRGENES**. U.S. Department of Agricultura, Forest Service, Southern Experiment Station; 1985. 87 p.

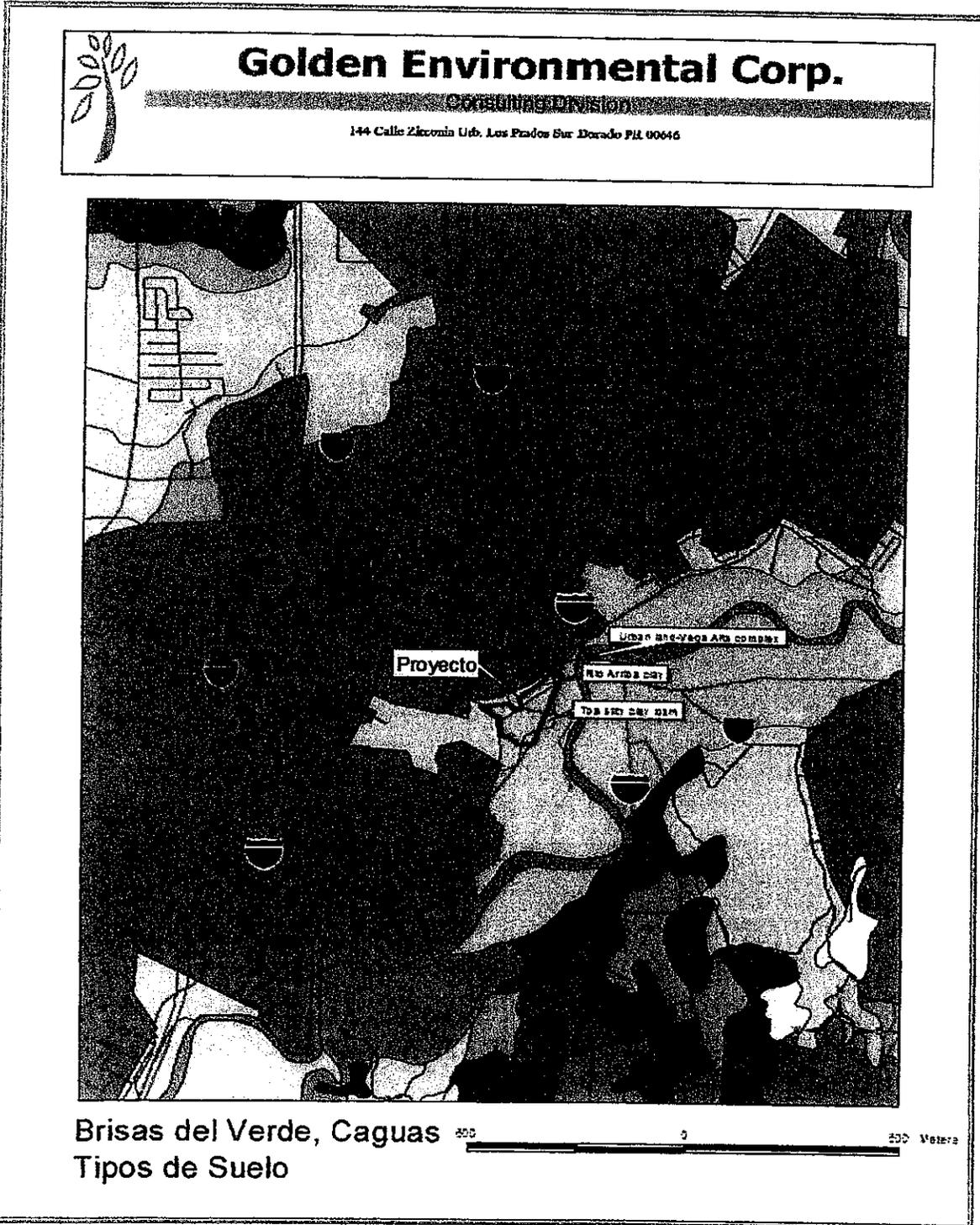
Anejo 1. Mapa de Localización



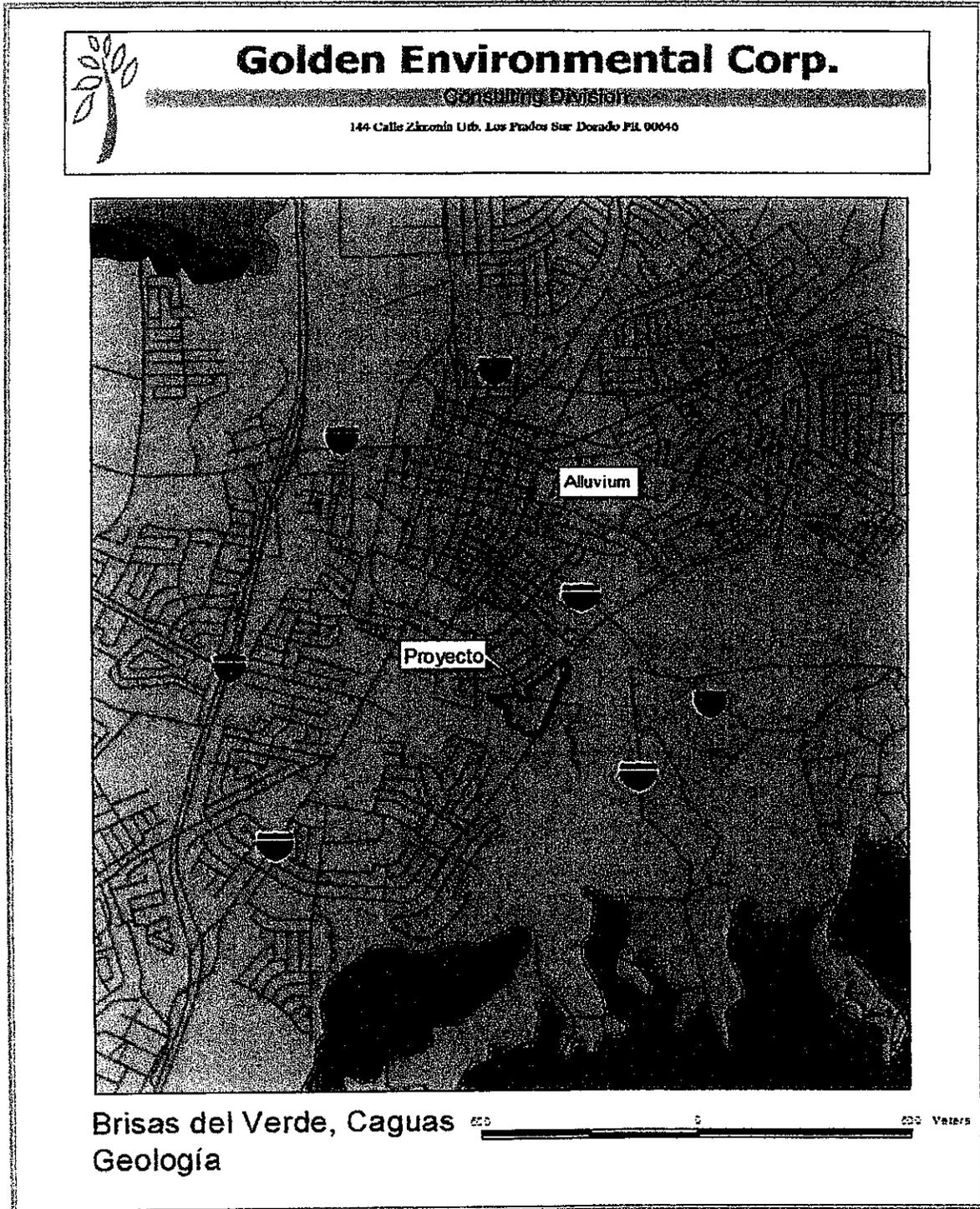
**Anejo 2. Foto aérea**



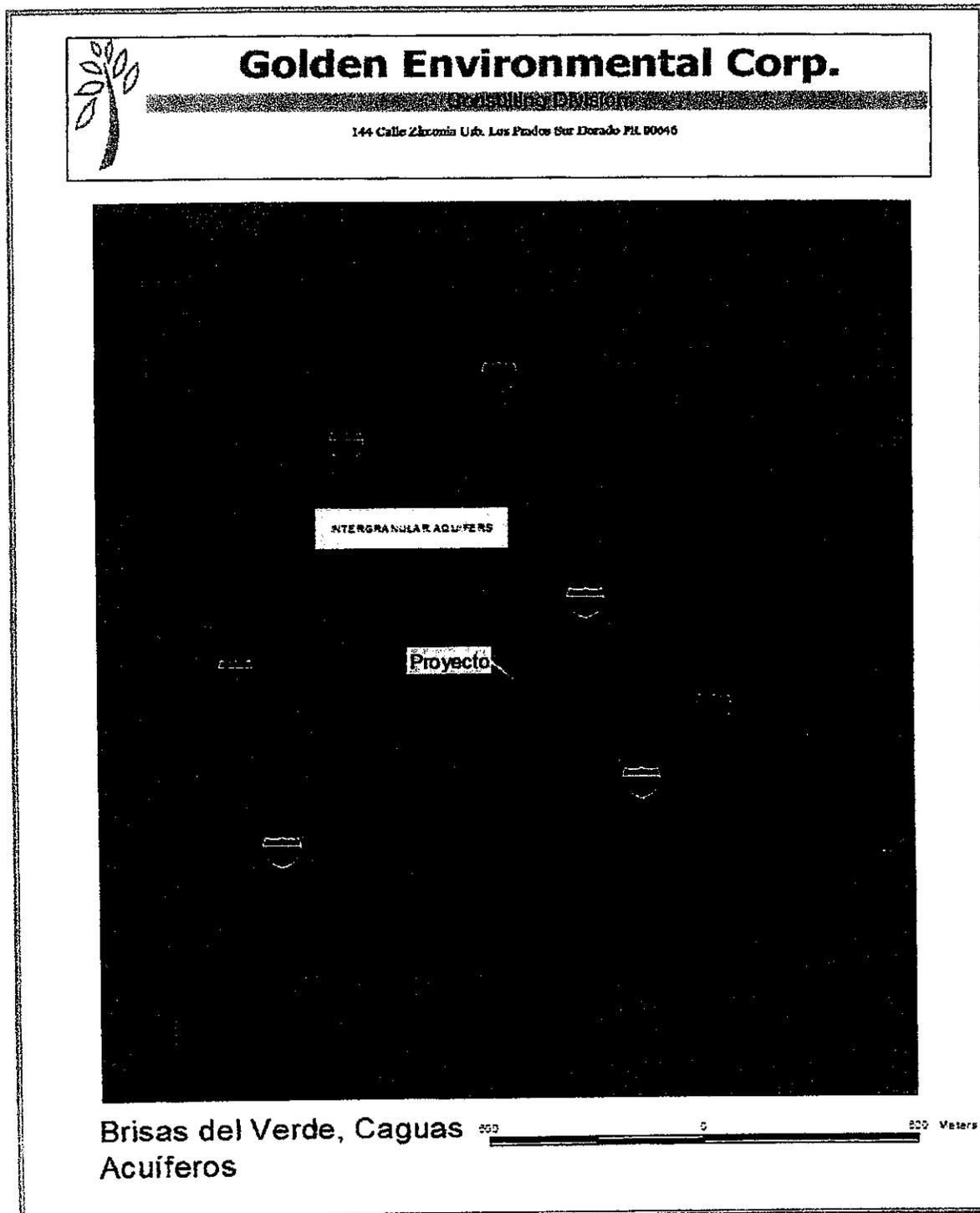
Anejo 3. Tipos de Suelo



**Anejo 4. Mapa de Geología**



Anejo 5. Acuíferos



# **APENDICE 2**

## **ESTUDIO DE TRANSITO**

**Pérez Berenguer y Asociados**  
Ingeniería, Agrimensura, Planificación  
Apartado 6512, Marina Station, Mayagüez, Puerto Rico, 00681-6512  
Urb. Colinas de Santa Cecilia, Calle F #40 (bajos), Cabo Rojo, Puerto Rico  
Teléfono y Facsímil (787) 254-8321

**Estudio de Tránsito Analizando el Impacto del Centro Judicial de Caguas  
en las Vías del Área, Intersección Carretera PR-32 (Avenida Luis Muñoz  
Marín) y Boulevard Cristóbal Colón, barrio Pueblo, Caguas, Puerto Rico**

Octubre 2008

## Tabla de Contenido

Sección	Página
Introducción y Objetivo . . . . .	1
Antecedentes . . . . .	3
Alcance del estudio . . . . .	8
Metodología utilizada . . . . .	9
Datos recopilados . . . . .	11
Análisis realizados . . . . .	12
Hallazgos Obtenidos . . . . .	17
Conclusiones . . . . .	39
Recomendaciones . . . . .	41
Certificación . . . . .	45
Referencias . . . . .	46
Apéndices . . . . .	48
Apéndice 1. Figuras . . . . .	48
Apéndice 2. Guías utilizadas en el análisis operacional . . . . .	67
Apéndice 3. Datos de Flujo Vehicular Tomados Durante los Conteos . . . . .	96
Apéndice 4. Matriz del Estudio . . . . .	102
Apéndice 5. Cómputos para el análisis operacional . . . . .	103
Apéndice 6. Determinación del Factor de Crecimiento del Tránsito Promedio Diario . . . . .	184
Apéndice 7. Generación, Asignación y Proyección de Viajes . . . . .	185
Apéndice 8. Justificaciones para la Evaluación de la Instalación de Sistemas de Semáforos . . . . .	192
Apéndice 9. Curriculum Vitæ del consultor . . . . .	201

## Lista de Figuras

Figura	Página
1. Mapa de carreteras del área analizada . . . . .	48
2. Cuadrángulo del área analizada . . . . .	49
3. Intersección de las carreteras PR-32 (Avenida Luis Muñoz Marín) y PR-34 (Avenida Degetau), vista desde el oeste .	50
4. Intersección de la carretera PR-32 y el acceso a la iglesia, hormigonera y oficina que ubican frente al predio donde se propone el Centro Judicial de Caguas, vista desde el suroeste . . . . .	51
5. Intersección de la carretera PR-32 y el boulevard Cristóbal Colón, vista desde el oeste . . . . .	52
6. Vista aérea del área analizada . . . . .	53
7. Planta propuesta para el Centro Judicial de Caguas . . .	54
8. Esquema de las intersecciones analizadas . . . . .	55
9. Flujo Vehicular y Factor de la Hora Pico actual, por movimiento y total, durante las horas pico de un día laborable típico, en las intersecciones analizadas . . .	56
10. Patrón actual del flujo vehicular, por movimiento y total, en la intersección de las carreteras PR-32 y PR-34, durante un día laborable típico . . . . .	54
11. Patrón actual del flujo vehicular, por movimiento y total, en la intersección de la carretera PR-32 y la calle que le da acceso a una iglesia ubicada frente al predio donde se propone el Centro Judicial de Caguas, durante un día laborable típico . . . . .	58
12. Patrón actual del flujo vehicular, por movimiento y total, en la intersección de la carretera PR-32 y el boulevard Cristóbal Colón, durante un día laborable típico . . . . .	59
13. Nivel de Servicio al que operan actualmente, durante las horas pico de un día laborable típico, las intersecciones analizadas en este estudio . . . . .	60

## Lista de Figuras (Continuación)

Figura	Página
14. Flujo Vehicular y Factor de la Hora Pico, por movimiento y total, durante las horas pico de un día laborable típico, en las intersecciones analizadas, para el momento en el que se culmine y recién se ocupe el Centro Judicial de Caguas . . . . .	61
15. Nivel de Servicio al que operarán las facilidades viales analizadas en este estudio, durante las horas pico de un día laborable típico, por movimiento y total, en el momento en el que recién se ocupe el Centro Judicial de Caguas . . . . .	62
16. Flujo Vehicular y Factor de la Hora Pico, por movimiento y total, durante las horas pico de un día laborable típico, en las intersecciones analizadas, para el año 2022 . . . . .	63
17. Nivel de Servicio al que operarán las facilidades viales analizadas en este estudio, durante las horas pico de un día laborable típico, por movimiento y total, en el año 2022 . . . . .	64
18. Esquema de las intersecciones analizadas en este estudio, incluyendo las mejoras geométricas y al control de tránsito propuestas para que operen adecuadamente . . .	65
19. Tiempos y fases actuales y propuestas para los semáforos evaluados en este estudio . . . . .	66
A7-1 Viajes que actualmente utilizan las intersecciones analizadas en este estudio, durante las horas pico de un día laborable típico, proyectados al año 2012 . . . . .	190
A7-2 Viajes que generarán los proyectos propuestos en el área analizada, durante las horas pico de un día laborable típico, distribuidos por las intersecciones evaluadas en este estudio . . . . .	191

## Lista de Tablas

Tabla	Página
1. Flujo Vehicular, durante las horas pico de un día laborable típico, en las facilidades viales analizadas en este estudio, en vehículos por hora . . . . .	20
2. Factor de la Hora Pico que se registra durante un día laborable típico en las intersecciones analizadas en este estudio . . . . .	21
3. Nivel de Servicio al que operan actualmente las intersecciones analizadas en este estudio, durante la hora pico de la mañana de un día laborable típico . . .	22
4. Nivel de Servicio al que operan actualmente las intersecciones analizadas en este estudio, entre 1:00 y 2:00 de la tarde de un día laborable típico . . . . .	23
5. Nivel de Servicio al que operan actualmente las intersecciones analizadas en este estudio, durante la hora pico de la tarde de un día laborable típico . . . .	24
6. Tránsito Promedio Diario que se registra en las intersecciones analizadas en este estudio, en vehículos por día . . . . .	25
7. Nivel de Servicio al que operarán, al momento en el que recién se ocupe el Centro Judicial de Caguas, las facilidades viales analizadas en este estudio, durante la hora pico de la mañana de un día laborable típico . . .	34
8. Nivel de Servicio al que operarán, al momento en el que recién se ocupe el Centro Judicial de Caguas, las facilidades viales analizadas en este estudio, durante la hora entre 1:00 y 2:00 de la tarde de un día laborable típico . . . . .	34
9. Nivel de Servicio al que operarán, al momento en el que recién se ocupe el Centro Judicial de Caguas, las facilidades viales analizadas en este estudio, durante la hora pico de la tarde de un día laborable típico . . . .	35
10. Nivel de Servicio al que operarán, en el año 2022, las facilidades viales analizadas en este estudio, durante la hora pico de la mañana de un día laborable típico . . .	36

## Lista de Tablas (Continuación)

Tabla	Página
11. Nivel de Servicio al que operarán, en el año 2022, las facilidades viales analizadas en este estudio, durante la hora entre 1:00 y 2:00 de la tarde de un día laborable típico . . . . .	36
12. Nivel de Servicio al que operarán, en el año 2022, las facilidades viales analizadas en este estudio, durante la hora pico de la tarde de un día laborable típico . . . . .	37
A7-1 Viajes que generarán los proyectos propuestos para el área analizada en este estudio . . . . .	187

## Resumen ejecutivo

Este informe resume los resultados de un estudio de tránsito realizado en la carretera PR-32 (avenida Luis Muñoz Marín), entre la carretera PR-34 (avenida Degetau) y el boulevard Cristóbal Colón, barrio Pueblo, Caguas, Puerto Rico. El estudio fue realizado por la firma Pérez Berenguer y Asociados por encomienda de Osvaldo Rivera & Associates. El objetivo del estudio es conocer el impacto en la operación de esta red vial una vez se construya y se opere el nuevo Centro Judicial de Caguas, a ubicarse al lado suroeste de la intersección de la carretera PR-32 y el boulevard Cristóbal Colón, barrio Pueblo, Caguas, Puerto Rico.

La geometría actual de la carretera PR-32 consta de dos carriles en cada dirección, con un ancho de 3.00 metros cada uno, divididos por una isleta central de 1.50 metros de ancho, con encintados de 0.60 metros de ancho y aceras de 3.00 metros de ancho a ambos lados. La carretera PR-34 tiene dos carriles en cada dirección, de 3.50 metros de ancho cada uno, con encintados de 0.60 metros de ancho cada uno, franjas de siembra de 1.50 metros de ancho cada una y aceras de 1.50 metros de ancho cada una a ambos lados. Esta carretera no está dividida excepto en su intersección con la avenida Luis Muñoz Marín, donde los carriles de la vía en direcciones contrarias se dividen con una isleta central de 2.45 metros de ancho. En la intersección de estas dos vías existen carriles para el viraje a la izquierda y a la derecha en cada uno

de los accesos. Los carriles para el viraje a la izquierda en la carretera PR-32 tienen 3.00 metros de ancho cada uno mientras que en la carretera PR-34 tienen 2.95 metros de ancho cada uno. Los carriles para el viraje a la derecha en todos los accesos tienen un ancho de, por lo menos, 3.65 metros cada uno, aunque los carriles de deceleración tienen 3.00 metros de ancho cada uno. El boulevard Cristóbal Colón tiene dos carriles en cada dirección de 2.75 metros de ancho cada uno, divididos por una isleta central de 1.05 metros de ancho, con franjas de siembra de 1.20 metros de ancho cada una y aceras de 1.35 metros de ancho cada una a ambos lados. A la carretera PR-32, por el lado este, entre las vías antes mencionadas, llega una calle que le da acceso a una iglesia, una hormigonera y unas oficinas de una compañía de construcción. Esta calle tiene un carril de 3.65 metros de ancho en cada dirección, con encintados de 0.45 metros cada uno a ambos lados, sin franjas de siembra ni aceras. Ninguna de las vías analizadas tienen paseos y todas tienen pavimento flexible.

El control del tránsito existente en la intersección de las carreteras PR-32 y PR-34 se realiza mediante un sistema de semáforos actuado. En la intersección entre la carretera PR-32 y la calle de acceso a la iglesia, hormigonera y oficina, el tránsito se controla mediante un "Pare" para los vehículos que llegan al lugar por el este. El rótulo de "Pare" no existe actualmente. En la intersección de la avenida Luis Muñoz Marín y el boulevard

Cristóbal Colón el tránsito se controla mediante un sistema de semáforos de tiempo fijo.

Luego del análisis operacional se obtuvo que las intersecciones de la avenida Luis Muñoz Marín con la avenida Degetau y con el boulevard Cristóbal Colón colapsan durante las horas pico, con excepción de la primer intersección durante la hora pico de la tarde, la cual, aunque opera a capacidad, tiene varios movimientos que colapsan. La intersección entre la carretera PR-32 y la calle de acceso a la iglesia, hormigonera y oficina existente en el lugar tiene la capacidad de manejar el tránsito actual. Por esta razón y por el flujo vehicular adicional que traerá al lugar tanto el Centro Judicial de Caguas como otro proyecto propuesto para el área, se deberán hacer ajustes a la geometría y al control del tránsito de las intersecciones indicadas para aumentar su capacidad y proveer mayor seguridad. En la entrada al Centro Judicial de Caguas, que es la actual intersección entre la carretera PR-32 y la calle de acceso a la iglesia, hormigonera y oficina se deberá instalar un sistema de semáforos actuado que controle el tránsito. También se deberán proveer, por el oeste, dos carriles para el viraje a la izquierda, de 4.80 metros de ancho cada uno, un carril para el tránsito hacia el este y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho cada uno. La longitud de los carriles para el viraje a la izquierda deberá ser, por lo menos, 80 metros. Por el este se deberá proveer

un carril para el viraje a la izquierda de 4.60 metros de ancho, un carril para seguir hacia el oeste y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho cada una. El carril para virar a la izquierda deberá tener una longitud de, por lo menos, 30 metros. Por el sur se deberán proveer dos carriles para el viraje a la izquierda y tres carriles para moverse hacia el norte, todos de 4.80 metros de ancho cada uno y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho. Los carriles para el viraje a la izquierda deberán tener una longitud de, por lo menos, 80 metros. Por el norte se deberá proveer una geometría similar a la del acceso por el sur, con la diferencia de que los carriles para el viraje a la izquierda deberán ser de 4.60 metros de ancho cada uno. En este acceso, la longitud de los carriles de viraje a la izquierda deberá ser de, por lo menos, 30 metros.

En la intersección entre las carreteras PR-32 y PR-34 se deberán proveer, por el oeste, dos carriles para el viraje a la izquierda, de 4.00 metros de ancho cada uno, dos carriles para seguir hacia el este y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho cada una. Los carriles para el viraje a la izquierda deberán tener una longitud de, por lo menos, 40 metros. Por el este se deberá proveer la misma geometría que en el acceso por el oeste, con la diferencia de que la longitud de los carriles para virar a la izquierda deberá ser de, por lo menos, 30

metros. Por el sur se deberá mantener la geometría actual, con la diferencia de que el ancho de los carriles debe aumentarse a, por lo menos, 3.65 metros cada uno. Por el norte deberán proveerse dos carriles para el viraje a la izquierda, de 4.00 metros de ancho cada uno, tres carriles para continuar hacia el sur y una rampa para el viraje a la derecha, todas con un ancho de, por lo menos, 3.65 metros cada uno. La longitud de los carriles para virar a la izquierda en este acceso deberá ser de, por lo menos, 45 metros. Para el control del tránsito deberá mantenerse el sistema de semáforos existente.

En la intersección de la carretera PR-32 y el boulevard Cristóbal Colón deberán designarse los dos carriles que llegan por el oeste para el viraje a la izquierda y además proveer, por ese acceso, una rampa para el viraje a la derecha, por lo menos, de 3.65 metros de ancho. Por el sur se deberán proveer dos carriles para el viraje a la izquierda y tres para continuar hacia el norte. La longitud de los carriles para virar a la izquierda deberá ser de, por lo menos, 30 metros. Por el norte deberán proveerse tres carriles para seguir hacia el sur y una rampa para el viraje a la derecha. El ancho de todos los carriles que lleguen a la intersección por la carretera PR-32 deberá ser de, por lo menos, 3.65 metros cada uno. El control del tránsito se deberá mantener con un semáforo pero el mismo debe ser actuado. Para asegurar un buen funcionamiento de las facilidades viales propuestas, los

semáforos que controlen las tres intersecciones aquí indicadas se deberán interconectar.

Actualmente existe un problema de capacidad en dos de las intersecciones evaluadas, por lo que los ajustes son necesarios de inmediato, independientemente de si se construyen los proyectos propuestos para el área o no. Por esa misma razón, las mejoras deben ser implantadas, en conjunto, por el Departamento de Transportación y Obras Públicas y/o la Autoridad de Carreteras y Transportación, el Municipio Autónomo de Caguas y los desarrolladores de los proyectos propuestos para el área. Las mejoras ayudarán a que las intersecciones analizadas tengan la capacidad suficiente para manejar el tránsito que las utiliza, que las utilizará cuando el Centro Judicial de Caguas se ocupe y a diez años después de esa fecha. Así las intersecciones analizadas tendrán suficiente capacidad para manejar el tránsito que las utilizará a corto, mediano y largo plazo.

## Introducción y Objetivo

Este estudio de tránsito se condujo para conocer el impacto del Centro Judicial de Caguas en las vías adyacentes. El proyecto constará de varios edificios destinados a oficinas judiciales y a un estacionamiento multipisos y se construirá en la esquina suroeste de la intersección de la carretera PR-32 (avenida Luis Muñoz Marín) y el boulevard Cristóbal Colón, barrio Pueblo, Caguas, Puerto Rico (figuras 1 y 2). Osvaldo Rivera & Associates encomendó a Pérez Berenguer y Asociados la realización de este estudio. Se analizó la condición actual y futura de las intersecciones de la carretera PR-32 con la carretera PR-34 o avenida Degetau (figura 3), con un camino que le brinda acceso a una iglesia, una hormigonera y una oficina que ubica frente al predio donde se propone el proyecto (figura 4) y con el boulevard Cristóbal Colón (figura 5). En la figura 6 se observa una vista aérea del área analizada.

Se obtuvieron las horas pico en las facilidades descritas y su flujo vehicular, durante estas horas, para un día laborable típico. Con estos datos se analizaron estas facilidades para conocer su operación actual. Se proyectó el flujo vehicular al año 2012, suponiendo que para ese año recién se haya ocupado el proyecto propuesto en su totalidad y se realizó un análisis operacional para tener una idea del efecto inmediato del proyecto en la red vial cercana. Luego se proyectó el flujo vehicular al año 2022 y se

realizó un análisis operacional para tener una idea del efecto del proyecto en el entorno a largo plazo. Con los resultados se formularon recomendaciones para que estas intersecciones operen adecuadamente a corto, mediano y largo plazo. Este informe tiene el formato de un estudio de tránsito, según las *Guías para la Preparación de Estudios Operacionales de Accesos y de Tránsito para Puerto Rico* (ELA, 2004).

## Antecedentes

Este estudio se realizó debido a la necesidad de conocer el impacto del propuesto Centro Judicial de Caguas en las vías adyacentes. Así se recomendaron medidas a tomar para que las facilidades viales analizadas se mantengan operando de forma adecuada a corto y mediano plazo. El proyecto estará ubicado al lado suroeste de la intersección de la carretera PR-32 y el boulevard Cristóbal Colón. El proyecto constará de varios edificios destinados a oficinas judiciales y al apoyo correspondiente y a un estacionamiento multipisos, totalizando un área de piso de 652556 pies cuadrados. Actualmente la Junta de Planificación evalúa la Consulta de Ubicación de este proyecto bajo el número de caso 2008-46-0201-JPU-MA. En la figura 7 se ilustra el proyecto gráficamente.

Frente al predio donde se propone el Centro Judicial de Caguas se propone una institución bancaria. Este proyecto consistirá de un edificio de tres plantas para una institución bancaria y oficina con un área de piso de 9793.0668 pies cuadrados. Actualmente la Junta de Planificación evalúa la Consulta de Ubicación de este caso bajo el número 2007-46-0278-JPU-MA. Para efectuar el análisis operacional relacionado al Centro Judicial de Caguas también se consideró el impacto que tendrá este proyecto en las vías cercanas.

Se realizaron conteos vehiculares, en las intersecciones antes indicadas, para determinar las horas pico en un día laborable

típico y cuantos vehículos las utilizan durante esas horas así como durante todo el día. Con los datos obtenidos en los conteos, una vez reducidos, se realizó el análisis operacional para la condición actual. Estos datos se proyectaron al momento en el que se espera que el proyecto esté finalizado y recién ocupado. Estos valores se sumaron a los que este y otro proyecto propuesto para el área generarán y se efectuó el respectivo análisis operacional. Luego se proyectaron estos datos de flujo vehicular a diez años luego del momento cuando se espera que el proyecto comience a operar y se efectuó el respectivo análisis operacional. De esta manera se tiene una idea de como operarán las facilidades viales indicadas a corto, mediano y largo plazo.

La carretera PR-32 o avenida Luis Muñoz Marín comienza en su intersección con la carretera PR-172 o calle Pino, en la parte sur de la zona urbana de Caguas. La vía se mueve hacia el este, luego hacia el norte y luego hacia el oeste, circunvalando a la zona urbana de Caguas, terminando en su intersección con la carretera PR-1, en el barrio Bairoa. Esta carretera tiene como función servir como vía de circunvalación de Caguas, permitiendo a los conductores moverse de un punto a otro de la zona urbana, evitando otras vías más congestionadas. Las características arriba descritas hacen que esta carretera tenga una clasificación funcional de arterial urbana. La geometría actual de la carretera PR-32 consta de dos carriles en cada dirección, con un ancho de

3.00 metros cada uno, divididos por una isleta central de 1.50 metros de ancho, con encintados de 0.60 metros de ancho cada uno y aceras de 3.00 metros de ancho cada una a ambos lados, sin paseos ni franjas de siembra.

La carretera PR-34 o avenida Degetau comienza en su intersección con la carretera PR-196 o avenida Zafiro, en la parte noroeste de la zona urbana de Caguas, donde lleva por nombre Calle Principal Este. Luego se mueve hacia el sur hasta intersecar con la carretera PR-784, desde donde se mueve hacia el este, con el nombre de calle Shuford. Luego de intersecar con el expreso Luis A. Ferré o carretera PR-52 su nombre cambia a avenida Degetau hasta llegar al Hospital HIMA-San Pablo, a unos 200 metros al este de la intersección de esta vía con la carretera PR-32, donde termina. Esta carretera se utiliza para mover el tránsito que se genera en la parte oeste de la zona urbana de Caguas hacia el centro y viceversa y para ofrecer acceso al Hospital HIMA-San Pablo. Por las características arriba descritas, la clasificación funcional de esta carretera es la de arterial urbana. La avenida Degetau tiene una geometría compuesta por dos carriles en cada dirección, de 3.50 metros de ancho cada uno, con encintados de 0.60 metros de ancho cada uno y franjas de siembra de 1.50 metros de ancho cada una y aceras de 1.50 metros de ancho cada una a ambos lados, sin paseos. Esta carretera no está dividida excepto en su intersección con la avenida Luis Muñoz Marín donde los carriles en direcciones

contrarias se dividen con una isleta central de 2.45 metros de ancho. En la intersección de estas dos vías existen carriles para el viraje solo a la izquierda y solo a la derecha en cada uno de los accesos. Los carriles para el viraje a la izquierda en la carretera PR-32 tienen 3.00 metros de ancho mientras que en la carretera PR-34 tienen 2.95 metros de ancho. Los carriles para el viraje a la derecha en todos los accesos tienen un ancho de, por lo menos, 3.65 metros, aunque los carriles de deceleración tienen 3.00 metros de ancho.

El boulevard Cristóbal Colón comienza en su intersección con la carretera PR-1 o calle Gautier Benítez, en el centro de la zona urbana de Caguas. La vía se mueve hacia el este hasta intersecar con la carretera PR-32, donde termina. Esta calle se utiliza para mover el tránsito desde la parte central de la zona urbana de Caguas a la avenida Luis Muñoz Marín y viceversa. Esto hace que su clasificación funcional sea la de colectora. En el área analizada, la geometría de esta calle se compone de dos carriles en cada dirección de 2.75 metros de ancho cada uno, divididos por una isleta central de 1.05 metros de ancho, con franjas de siembra de 1.20 metros de ancho cada una y aceras de 1.35 metros de ancho cada una a ambos lados, sin paseos.

Frente al predio donde se propone el Centro Judicial de Caguas existe una calle que le brinda acceso a una iglesia, una hormigonera y una oficina. Esta calle comienza en su intersección

con la carretera PR-32 y termina a unos 200 metros al este de la misma. Por esta calle será el acceso a la institución bancaria propuesta para el lugar. La prolongación de esta calle hacia el oeste de la avenida Luis Muñoz Marín será el acceso al propuesto Centro Judicial de Caguas. Sus características le dan una clasificación de calle local. Su geometría se compone de un carril de 3.65 metros en cada dirección, con encintados de 0.45 metros cada una a ambos lados, sin franjas de siembra, aceras ni paseos. Las vías aquí analizadas tienen una superficie asfáltica. La geometría de las carreteras analizadas se ilustra en la figura 8.

Aunque el área analizada se encuentra dentro de la zona urbana y aunque algunos peatones transitan por el lugar, la cantidad no es significativa. Esto puede deberse a la dependencia de la ciudadanía del uso del automóvil y a la falta de un sistema de transportación masiva adecuado que le sirva al lugar.

## Alcance del estudio

Con este estudio se determinó el impacto del proyecto propuesto en la red vial indicada, la cual, por ser la ruta para entrar y salir del mismo, se verá directamente impactada. Se obtuvieron las horas pico en un día laborable típico, el volumen y el Nivel de Servicio al que opera y operará esta red vial durante esas horas. También se calculó el tránsito promedio diario anual en el lugar. Se realizaron conteos por períodos de 24 horas consecutivas desde el miércoles, 6 de agosto, al jueves, 25 de septiembre de 2008, para determinar el comportamiento del flujo vehicular en el lugar durante un día laborable típico. Para considerar la información obtenida tanto el día del conteo así como el previo y el posterior tuvieron que ser laborables. Con esta información se determinó si la red vial analizada es y será adecuada para manejar el volumen vehicular al que se verá sujeta o si habrá que modificarla. El volumen vehicular fue captado por equipos electrónicos de conteo de alta precisión ("NC-97"), lo que permite obtener datos de buena calidad. Esto, junto con la constante supervisión del consultor encargado del estudio permitió tener resultados confiables.

## Métodología utilizada

El método utilizado para obtener los datos fue el conteo y clasificación de vehículos según el movimiento efectuado. Se instalaron detectores electrónicos ("NC-97") en el pavimento de cada carril de las intersecciones analizadas. Estos detectores se programan de antemano para que realicen las lecturas durante el período y en los intervalos deseados. Por medio de ondas magnéticas, el detector capta cuando un vehículo pasa sobre él, lo registra y lo clasifica según sus dimensiones. Esa información se pasa directamente a la computadora utilizando el programa HDM (**Nu-Metrics, 2002**) de donde se obtienen los informes relacionados. Este equipo ofrece buenos resultados y asegura que se utilizaron datos reales para efectuar los análisis pertinentes.

El conteo de flujo vehicular se efectuó por períodos de 24 horas desde la medianoche de martes, miércoles o jueves hasta la medianoche de miércoles, jueves o viernes. Para asegurar la validez de los datos, tanto el día del conteo como el anterior y el posterior fueron laborables. Así se obtuvo un flujo vehicular más estable y se consiguieron datos de mejor calidad. Si el objetivo del estudio de tránsito es captar el comportamiento del flujo vehicular en cierto lugar en un día laborable típico y la instalación propuesta no altera el comportamiento de los conductores, de forma que días no laborables se conviertan en días críticos, se recomienda realizar el trabajo de campo en los días

martes, miércoles o jueves laborables (**Robertson et. al., 1994**) (**Homburger et. al., 1992**). Los conteos se dividieron en intervalos de 15 minutos durante todo el día, para tener una idea más exacta de las variaciones del tránsito a través de los períodos de conteo.

Se utilizó la hoja de cálculo electrónica *Quattro Pro* versión 9.0.0.588 (**Corel Corporation Limited, 1999a**) para reducir y analizar matemáticamente los conteos. Para el análisis operacional se utilizaron las guías que aparecen en la referencia *Highway Capacity Manual* (**TRB, 2000**), parte de las que se ilustran en el Apéndice 2. Estas son las guías para el análisis operacional de facilidades de transportación que utilizan las agencias encargadas en Puerto Rico y Estados Unidos. Para este análisis se utilizó el programa de computadora *Highway Capacity Software (HCS+T7F)*, versión 5.3 (**University of Florida, 2007**) el cual resume electrónicamente estas guías. Con la referencia *Trip Generation* (**ITE, 2003**) se estimó cuantos viajes adicionales se espera que generen los proyectos propuestos. Para ajustar los viajes que generará uno de los proyectos propuestos para el área se utilizó la referencia *Trip Generation Handbook* (**ITE, 2001**). El informe se redactó utilizando el procesador de palabras *WordPerfect* versión 9.0.0.588 (**Corel Corporation Limited, 1999b**). Además, algunas de las ilustraciones que aparecen en el informe se realizaron con el programa *AutoCad 2000* (**Autodesk, 1999**).

## Datos recopilados

Los datos recopilados durante los conteos fueron el flujo vehicular y el porcentaje de este flujo compuesto por vehículos pesados, en todas las direcciones, en las intersecciones de la carretera PR-32 (avenida Luis Muñoz Marín) con la carretera PR-34 (avenida Degetau), con una calle que ofrece acceso a una iglesia, una hormigonera y una oficina ubicadas frente al predio donde se propone el proyecto aquí evaluado; y con el boulevard Cristóbal Colón. Para analizar los datos de forma tal que se conozca el flujo vehicular que realiza los movimientos durante todo el día, se utilizó una nomenclatura de dos letras para identificarlos donde la primera indica desde donde transita el vehículo y la segunda indica hacia donde va. Por ejemplo, O-E se refiere al movimiento que hacen los vehículos que transitan desde el oeste hacia el este. Un esquema describiendo los movimientos contabilizados aparece en la figura 8. Una vez se recopilaron y redujeron los datos se procedió a realizar el análisis de los mismos. Los datos recopilados aparecen en el Apéndice 3 y los datos reducidos se resumen en la figura 9.

## Análisis realizados

Con los datos de flujo vehicular recopilados se produjeron unas gráficas que permiten visualizar el patrón del flujo vehicular en el lugar durante un día laborable típico (figuras 10 a la 12). Estas gráficas también permiten efectuar comparaciones entre el flujo vehicular para cada movimiento. Con la información obtenida se calcularon parámetros que describen el comportamiento del flujo vehicular en una facilidad vial tales como:

- Identificación de las horas pico del día
- Flujo vehicular durante las horas pico
- Factor de la hora pico (PHF, por sus siglas en inglés)
- Proporción del flujo vehicular, durante las horas pico, compuesto por vehículos pesados
- Nivel de Servicio (LOS, por sus siglas en inglés) al que operan y operarán las intersecciones analizadas durante las horas críticas del día
- Estimado del tránsito promedio diario (TPD) en las intersecciones donde se efectuaron los conteos.

Estos valores se calcularon para la situación al momento del conteo y se proyectaron para el momento cuando se espera que el propuesto Centro Judicial de Caguas esté ocupado en su totalidad. Para calcular estos parámetros se utilizaron procedimientos y fórmulas aceptados (TRB, 2000) (University of Florida, 2007) (Khisty, 1990) (Robertson et. al., 1994).

El método utilizado en este estudio para conocer el funcionamiento de las facilidades viales es el que se sugiere en la referencia *Highway Capacity Manual (TRB, 2000)*. El mismo describe las condiciones en una facilidad de transportación utilizando el concepto de Nivel de Servicio. Este concepto es una medida cualitativa que describe las condiciones operacionales dentro de una corriente de tránsito basado en medidas de servicio tales como velocidad, tiempo de viaje, libertad de manejo, interrupciones del tránsito, comodidad y conveniencia.

Se han definido seis LOS para cada tipo de facilidad donde existe un procedimiento de análisis establecido. Estos se designan con las letras desde la A a la F, siendo A la que representa las mejores condiciones operacionales y F las peores. Cada LOS representa un rango de condiciones operacionales. Las agencias encargadas del mantenimiento y operación de las carreteras generalmente buscan que las facilidades de transportación operen a un LOS D o mejor.

En intersecciones semaforizadas el LOS se define en términos de demora por control promedio por vehículo para cada grupo de carriles. Esta se agrega por acceso a la intersección y para la intersección completa. La demora por control promedio es una medida de la incomodidad y frustración del conductor, consumo de combustible y tiempo de viaje perdido. La medida cuantifica la demora por deceleración inicial, tiempo en el que el conductor se

mueve en la cola, demora detenido y demora en la aceleración final. La demora experimentada por un motorista se debe a una serie de factores que relacionan el control, la geometría, el tránsito y los incidentes.

En intersecciones sin semáforo, con dispositivos para el control del tránsito en los accesos menores, el Nivel de Servicio no se define para la intersección completa. El LOS se determina basado en la demora por control medida o calculada para cada movimiento relacionado a la calle menor que entra en conflicto con otro. En los accesos a intersecciones regulados por señales de "Pare", como en algunos de los casos aquí evaluados, el tiempo de detención no tiene sentido porque en vez de haber colas más o menos estables, existen filas de vehículos avanzando y deteniéndose intermitentemente. Para ellas se ha utilizado la "demora por control". Las demoras por control son calculadas en segundos por vehículo y representan el tiempo desde que el conductor llega al final de la cola hasta que sale de la línea de "Pare" de la intersección (**Radelat, 2003**). Este parámetro mide la dificultad que tiene el conductor que llega a la intersección por la calle menor para determinar la brecha entre vehículos de la calle mayor que le permita hacer el movimiento para salir. Mientras más altos sean los valores de densidad, menos brechas adecuadas existirán, incrementándose la dificultad para que los conductores de la calle menor puedan salir de la intersección.

En arteriales urbanas la velocidad promedio de viaje de los vehículos que continúan todo el tiempo por esta vía es lo que determina el Nivel de Servicio al que opera. La velocidad de viaje a lo largo del segmento de arterial urbana evaluado depende de la velocidad a la que transitan los vehículos entre intersecciones semaforizadas y a la magnitud de la demora por control que se experimenta en estas (TRB, 2000). Para el análisis operacional, las arteriales urbanas se clasifican en cuatro categorías funcionales que reflejan una combinación única de la función de la calle y su diseño. El componente funcional se separa en dos categorías: arterial principal y arterial menor. El componente de diseño se separa en cuatro categorías: alta velocidad, suburbana, intermedia y urbana. La vía aquí analizada, la carretera PR-32, es una arterial menor urbana, lo que le da una categoría funcional IV. En zonas urbanas la longitud de calles urbanas a analizar debe ser de, por lo menos, 1.5 kilómetros, de manera que el Nivel de Servicio obtenido sea significativo. Segmentos de calles urbanas con longitudes menores deben ser analizadas como intersecciones separadas. En este estudio, aunque el segmento de arterial es menor a 1.5 kilómetros, se decidió realizar el correspondiente análisis operacional para tener una idea de como operarán en conjunto las tres intersecciones frente al Centro Judicial de Caguas.

Otro concepto que se utilizó en el análisis de los datos fue el Factor de la Hora Pico. Este factor es el resultado de la división del flujo vehicular total durante la hora pico por cuatro veces el flujo del período pico de 15 minutos durante esta hora. El valor de este factor tiene que estar entre 0.25 y 1.00, donde el primer valor corresponde a que todo el flujo vehicular de la hora pico pasó durante uno de los períodos de 15 minutos que lo componen. El segundo valor representa cuando el flujo vehicular en los cuatro períodos de 15 minutos que componen la hora pico es igual. El rango normal de valores está entre 0.70 y 0.98. Valores menores de 0.70 representan un mayor grado de variación en el flujo vehicular durante la hora pico. El PHF es una medida descriptiva de las características de generación de viajes (McShane, et.al., 1998). Una descripción más detallada de estas guías y conceptos aparece en el Apéndice 2.

## Hallazgos Obtenidos

En la figura 10 se puede apreciar el patrón del flujo vehicular en un día laborable típico en la intersección de las carreteras PR-32 y PR-34. Se observa que el volumen en la facilidad comienza a aumentar a eso de las 3:30 de la madrugada hasta las 8:00 de la mañana, cuando se registra un pico. Desde ese momento el flujo vehicular disminuye. Desde las 9:15 de la mañana el flujo vehicular en la intersección vuelve a aumentar hasta las 3:45 de la tarde, cuando se registra el otro pico del día. Después de este momento el flujo vehicular disminuye a una razón bastante constante aunque menor que la razón a la que se registró el aumento durante las primeras horas del día, hasta llegar a un mínimo durante la madrugada. Como se observó, se registra un pico en la mañana, a la hora de entrada a los centros de trabajo, estudios y lugares de gestiones, y otro en la tarde, a de la hora del cierre de muchos de ellos. El comportamiento aquí registrado es común para un día laborable típico, lo que demuestra la utilización de la intersección por vehículos que transitan habitualmente por el este de la zona urbana de Caguas, incluyendo los que viajan desde y hacia las instalaciones hospitalarias existentes en el lugar. Aunque predominan los movimientos N-S y S-N, los otros movimientos, son realizados por una cantidad significativa de vehículos, lo que demuestra la importancia y la utilización de las vías que llegan a la intersección. La cantidad de vehículos en los movimientos N-S

y S-N es similar durante todo el día. Por estar esta facilidad ubicada en la zona urbana, el tránsito comienza a aumentar en la misma más temprano en la madrugada que en otras facilidades similares.

En la figura 11 se ilustra el patrón del flujo vehicular en un día laborable típico en la intersección de la avenida Luis Muñoz Marín y la calle que le da acceso a la iglesia, hormigonera y oficina ubicadas frente al predio donde se propone el Centro Judicial de Caguas. Aquí el patrón del flujo vehicular de la intersección completa es similar al patrón del flujo vehicular de la intersección completa anterior. Esto se debe a que el comportamiento del flujo vehicular lo dicta el de la carretera PR-32 que también pasa por la intersección arriba analizada. También se debe a que la aportación al flujo vehicular total de la intersección por parte de la calle de acceso a la iglesia, hormigonera y oficina es mínima. Aunque el flujo vehicular en las dos direcciones es similar durante todo el día, durante la hora pico de la mañana el flujo vehicular de norte a sur es un poco mayor que el flujo de sur a norte mientras que durante la hora pico de la tarde es lo contrario. Esto se puede deber a que el principal generador de viajes del área, el Hospital HIMA-San Pablo, se encuentra ubicado al sur de la intersección. La cantidad de personas que acuden a la institución hospitalaria durante la mañana

hace la diferencia en el flujo vehicular entre ambas direcciones, durante las horas laborables, en la carretera PR-32.

En la figura 12 se ilustra el patrón del flujo vehicular en un día laborable típico en la intersección de la avenida Luis Muñoz Marín y el boulevard Cristóbal Colón. Aquí el flujo vehicular comienza a aumentar a las 3:00 de la mañana, hasta las 8:00, cuando se registra un pico. Luego de esto el flujo vehicular disminuye hasta las 8:45 de la mañana. Desde ese momento el flujo vehicular aumenta hasta las 3:45 de la tarde, cuando se registra el segundo pico del día. Desde ese momento el flujo vehicular disminuye, aunque a una razón menor que a la que aumentó durante la madrugada y primeras horas de la mañana. En esta intersección, aunque predomina el flujo vehicular todo el tiempo por la carretera PR-32 (movimientos N-S y S-N) también hace un aporte significativo el flujo del movimiento N-O. Esto indica que esta intersección es utilizada por muchos conductores que provienen del área este de Caguas y tienen como destino el centro de la ciudad. Su cercanía al centro es la razón para que el tránsito comience a aumentar aún más temprano que en las otras dos intersecciones aquí evaluadas. Aquí también el movimiento N-S es el más cargado durante la hora pico de la mañana y el S-N es el más efectuado durante la hora pico de la tarde.

Se observó que en las intersecciones analizadas se registran dos horas pico durante un día laborable típico, de **7:15** a **8:15** de

la mañana y de **3:15** a **4:15** de la tarde. Estas son horas pico típicas de un día laborable típico y responden a las razones explicadas en los pasados párrafos, especialmente por la ubicación del lugar. Se utilizaron estas horas pico en los análisis operacionales aquí efectuados. También se utilizó la hora entre **1:00** y **2:00** de la tarde para efectuar análisis operacionales. Esto se hizo debido a que la referencia utilizada para determinar los viajes que generará el Centro Judicial de Caguas indica que ésta será la hora pico de la tarde de la instalación (**ITE, 2003**).

Tabla 1. Flujo Vehicular, Durante las Horas Pico de un Día Laborable Típico, en las Intersecciones Analizadas en este Estudio, en vehículos por hora

Intersección	Hora Pico		
	7:15 - 8:15 AM	1:00 - 2:00 PM	3:15 - 4:15 PM
PR-32 y PR-34	3081	3070	3414
PR-32 y Calle de Acceso a Iglesia	2519	2272	2741
PR-32 y Cristóbal Colón	2619	2995	3413

El flujo vehicular que utiliza las intersecciones evaluadas, durante las horas pico de un día laborable típico, se ilustra en la Tabla 1. Los volúmenes están cónsonos con las características del sector y se deben a la función de las vías, descrita en párrafos anteriores. Los volúmenes junto con el PHF, el porcentaje del flujo vehicular compuesto por vehículos pesados y la longitud de cola, para cada movimiento, durante las horas pico, aparecen en la figura 9.

Luego de estudiar el patrón de flujo vehicular que se registra en las facilidades viales aquí analizadas, se puede decir que son utilizadas mayormente por los llamados "conmuters". Estas son las personas que realizan prácticamente el mismo viaje todos los días desde su casa al trabajo, a centros de estudios o a realizar alguna gestión y regresan a la casa. El hecho se verifica al observar el momento en el que se registran los picos así como las horas en las que aumenta o disminuye drásticamente el flujo vehicular en las intersecciones aquí analizadas.

Tabla 2. Factor de la Hora Pico que se Registra Durante un Día Laborable Típico en las Intersecciones Analizadas en este Estudio

Intersección	Hora Pico		
	7:15 - 8:15 AM	1:00 - 2:00 PM	3:15 - 4:15 PM
PR-32 y PR-34	0.93	0.89	0.89
PR-32 y Calle de Acceso a Iglesia	0.91	0.94	0.88
PR-32 y Cristóbal Colón	0.93	0.89	0.93

El Factor de la Hora Pico (PHF, por sus siglas en inglés) que se registra en las intersecciones aquí analizadas aparece en la Tabla 2. Los valores obtenidos indican que el flujo vehicular en las intersecciones analizadas, durante las horas pico, es uniforme y continuo, por lo tanto, la demanda es continua en esos períodos de tiempo.

Con los datos obtenidos durante las horas pico se realizó el análisis operacional de las intersecciones indicadas, ya que se verán impactadas directamente por el propuesto Centro Judicial de

Caguas. Se utilizó el programa de computadora HCS+T7F, versión 5.3 (**University of Florida, 2007**), que se basa en el método del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, por sus siglas en inglés) (**TRB, 2000**). Por medio de este procedimiento se determina a que Nivel de Servicio (LOS, por sus siglas en inglés) operan las intersecciones analizadas.

**Tabla 3. Nivel de Servicio al que Operan Actualmente las Intersecciones Analizadas en este Estudio, Durante la Hora Pico de la Mañana de un Día Laborable Típico**

Intersección	Entrada por Oeste	Entrada por Este	Entrada por Sur	Entrada por Norte	Total
PR-32 y PR-34	F(120.1)	C(34.0)	C(34.1)	F(330.2)	F(187.1)
PR-32 y Calle de Acceso a Iglesia		D(31.5)	B(13.4)	B(11.1)	
PR-32 y Cristóbal Colón	D(51.0)		B(11.6)	F(325.6)	F(185.7)

Notas:

- 1) Las demoras por control se indican, entre paréntesis, en segundos por vehículo
- 2) Según el procedimiento utilizado, en las intersecciones sin semáforo, controladas por rótulos de "Pare" en los accesos menores, no se determina el LOS para la intersección completa.

Los resultados obtenidos para la situación actual, durante la hora pico de la mañana, se resumen en la Tabla 3. Éstos indican que las dos intersecciones principales analizadas en este estudio colapsan. El problema se debe a que la carretera PR-32, aunque es una vía de circunvalación, tiene un desarrollo intenso a ambos lados, por lo que en la misma existen generadores importantes de flujo vehicular, tales como el Hospital HIMA-San Pablo. Esto hace que se sume el tránsito que generan estas instalaciones con el que

utiliza la vía como una ruta alterna a otras más congestionadas. El problema principal se produce en los carriles hacia el sur, ya que mueven el tránsito que proviene desde el centro urbano de Caguas y sectores al este del mismo hacia los generadores existentes al sur del área analizada. Como era de esperarse, la intersección que en el futuro se modificará para ofrecerle acceso al propuesto Centro Judicial de Caguas no tiene problemas de capacidad ya que la magnitud del tránsito que se mueve hacia y desde el este es pequeña, al compararla con el que se mueve todo el tiempo por la avenida Luis Muñoz Marín.

Tabla 4. Nivel de Servicio al que Operan Actualmente las Intersecciones Analizadas en este Estudio, entre 1:00 y 2:00 de la Tarde de un Día Laborable Típico

Intersección	Entrada por Oeste	Entrada por Este	Entrada por Sur	Entrada por Norte	Total
PR-32 y PR-34	E(73.0)	F(214.9)	C(31.1)	E(74.8)	F(88.2)
PR-32 y Calle de Acceso a Iglesia		D(27.6)	B(11.5)	B(11.8)	
PR-32 y Cristóbal Colón	E(64.9)		B(14.6)	F(370.6)	F(202.4)

Notas:

- 1) Las demoras por control se indican, entre paréntesis, en segundos por vehículo
- 2) Según el procedimiento utilizado, en las intersecciones sin semáforo, controladas por rótulos de "Pare" en los accesos menores, no se determina el LOS para la intersección completa.

Los resultados obtenidos para la situación actual, entre 1:00 y 2:00 de la tarde, se resumen en la Tabla 4. Estos son similares a los de la mañana en términos de que colapsan las dos intersecciones principales aquí evaluadas y que la otra puede

manejar el flujo vehicular que la utiliza. Se observa que continúan teniendo problemas el acceso por el oeste en la intersección de las carreteras PR-32 y PR-34, y el acceso por el norte en la intersección de la avenida Luis Muñoz Marín y el boulevard Cristóbal Colón. Las razones para esto son las mismas que explican los resultados para la hora pico de la mañana.

**Tabla 5. Nivel de Servicio al que Operan Actualmente las Intersecciones Analizadas en este Estudio, Durante la Hora Pico de la Tarde de un Día Laborable Típico**

Intersección	Entrada por Oeste	Entrada por Este	Entrada por Sur	Entrada por Norte	Total
PR-32 y PR-34	F(139.9)	D(48.8)	D(35.9)	D(52.8)	E(62.0)
PR-32 y Calle de Acceso a Iglesia		E(45.9)	B(11.1)	C(17.1)	
PR-32 y Cristóbal Colón	F(148.8)		F(154.9)	F(214.9)	F(175.7)

**Notas:**

- 1) Las demoras por control se indican, entre paréntesis, en segundos por vehículo
- 2) Según el procedimiento utilizado, en las intersecciones sin semáforo, controladas por rótulos de "Pare" en los accesos menores, no se determina el LOS para la intersección completa.

Los resultados obtenidos para la situación actual, durante la hora pico de la tarde, se resumen en la Tabla 5. Se obtuvo que aunque la intersección de las carreteras PR-32 y PR-34 opera a capacidad, el acceso por el oeste no puede manejar la demanda al que se ve sujeto. La intersección de la carretera PR-32 con la calle que le da acceso a la iglesia, hormigonera y oficina frente al predio donde se propone el Centro Judicial de Caguas continua manejando sin mayores problemas el tránsito que la utiliza pero se

observa que el acceso por el este opera a capacidad. La intersección de la avenida Luis Muñoz Marín con el boulevard Cristóbal Colón colapsa por completo ya que ninguno de sus accesos tiene capacidad para manejar el flujo vehicular al que se ven sujetos. Estos resultados también se pueden explicar con las razones que explican los resultados para la hora pico de la mañana pero con la diferencia de que ahora el flujo vehicular es, mayormente, de vuelta a los hogares. El detalle de los resultados del análisis operacional para la situación actual se resume en la figura 13. La matriz del estudio, donde se resumen los archivos que guardan los cómputos realizados para el análisis operacional se ilustra en el Apéndice 4. El detalle de los cómputos realizados aparece en el Apéndice 5 y se incluyen en el discompacto que acompaña al informe.

**Tabla 6. Tránsito Promedio Diario que se Registra en las Intersecciones Analizadas en este Estudio, en vehículos por día**

Intersección	Tránsito Promedio Diario
PR-32 y PR-34	45119
PR-32 y Calle de Acceso a Iglesia	35426
PR-32 y Boulevard Cristóbal Colón	42944

Basado en el análisis de los datos obtenidos en los conteos realizados se estimó la cantidad promedio de vehículos que utilizan las facilidades viales analizadas durante un día laborable típico. Los resultados se resumen en la tabla 6. Como era de esperarse, los valores mayores obtenidos son los de la intersección de las

avenidas Luis Muñoz Marín y Degetau, debido a que ambas son arteriales urbanas. Aún así, las otras dos intersecciones son intensamente utilizadas, lo que se debe a lo explicado anteriormente relacionado a la utilización de estas vías tanto por personas que buscan evitar otras carreteras más congestionadas como por personas que efectúan viajes generados por instalaciones ubicadas en el área.

Se estimó la razón a la que el tránsito que utiliza las vías analizadas ha crecido a través de los años, utilizando datos históricos del tránsito promedio diario anual (AADT, por sus siglas en inglés) para la carretera PR-32, al norte de la carretera PR-34. Los datos históricos de flujo vehicular se obtuvieron de informes de la Autoridad de Carreteras y Transportación (**ELA, 2005**). Con los datos históricos y los obtenidos en este estudio se desarrolló una ecuación de regresión lineal para la estación. Con cada ecuación se proyectó el AADT al año 2017 y se determinó el factor de crecimiento (*i*) correspondiente. Se determinó el valor de *i* utilizando la *ley de interés compuesto*<sup>1</sup> (**Sepúlveda, et.al., 1984**), tal y como se hace en la Ingeniería de Tránsito. Se obtuvo que el factor de crecimiento del tránsito en el área es **2.37%** anual. Con

---

$${}^1F = P(1+i)^n$$

donde:

- F = valor futuro
- P = valor presente
- i = factor de crecimiento
- n = número de períodos (años)

este valor del factor de crecimiento se proyectaron los datos actuales de flujo vehicular en las intersecciones analizadas al año 2012, cuando se espera que el Centro Judicial de Caguas esté recién ocupado. Luego se sumaron los viajes actuales proyectados a los que generarán los proyectos propuestos para el sector y se proyectaron al año 2022 utilizando el mismo factor de crecimiento. El análisis de los datos para obtener el factor de crecimiento aparece en el Apéndice 6 de este informe. El factor de crecimiento obtenido indica que el tránsito promedio diario en el área analizada ha aumentado en los últimos años. Esto se debe al desarrollo que se ha experimentado en el sector y a la ampliación de las facilidades del Hospital HIMA-San Pablo. No se espera que este patrón cambie en los próximos años, razón por la cual se utilizó el valor obtenido para delinear los escenarios futuros.

Al realizar la proyección indicada se estimaron los vehículos que utilizarán las vías analizadas en el futuro. Los datos futuros de flujo vehicular se ajustaron de acuerdo a la cantidad adicional de viajes que se espera que genere el Centro Judicial de Caguas y la institución bancaria propuesta para el sector. Se supuso que las horas pico del día se mantendrán iguales porque no se esperan cambios en las características del área. Por esa misma razón se supuso que los valores del Factor de la Hora Pico, por movimiento, también se mantendrían iguales. Los supuestos se basan en el análisis del patrón del flujo vehicular resumido anteriormente y en

que los usos de terreno propuestos (institucional), existen en el área.

El estimado del volumen que producirá el Centro Judicial de Caguas y la institución bancaria propuesta para el sector se realizó utilizando el procedimiento sugerido por el Instituto de Ingenieros de Transportación (ITE, por sus siglas en inglés). El procedimiento aparece en la séptima edición de la publicación *Trip Generation* (ITE, 2003). Los datos utilizados para esta publicación fueron tomados desde los años sesenta hasta la primer década del 2000 a través de los Estados Unidos y Canadá. La publicación divide los terrenos según su uso. En este caso se utilizaron los usos codificados por esta referencia como 733 (*Government Office Complex*) y 912 (*Drive-In Bank*). Estos usos se basan en lo propuesto para los proyectos indicados.

Según *Trip Generation* el uso de terreno 733 es un grupo de edificios en el que se efectúan una variedad de funciones gubernamentales. Estos edificios están interconectados por aceras (ITE, 2003). La hora pico de la mañana del generador típicamente coincide con la hora pico de la calle adyacente. La hora pico de la tarde del generador es entre 1:00 y 2:00.

El uso de terreno 912 provee facilidades para que los motoristas conduzcan sus transacciones financieras desde sus vehículos. También se brindan estos servicios dentro del edificio. Estos edificios son, generalmente, tipo "free-standing" con su

propio estacionamiento. Los carriles pueden o no pueden tener cajeros automáticos. La hora pico de la mañana del generador es entre 11:00 y 12:00 mientras que la hora pico de la tarde del generador varía entre 12:00 y 6:00.

Como se puede apreciar, las descripciones y supuestos con los que se desarrolló la información que provee la referencia *Trip Generation* coinciden con las características que tendrá el proyecto aquí evaluado y el otro propuesto para el sector. Por este motivo es adecuado aplicar la información que provee la referencia a los análisis realizados y resumidos en este informe. Los cómputos para determinar la cantidad de viajes que generarán los proyectos propuestos y como se distribuirán por las intersecciones analizadas se resumen en el Apéndice 7.

Utilizando los procedimientos y supuestos descritos en los párrafos anteriores se generaron datos acerca de la cantidad de vehículos que utilizarán las intersecciones analizadas durante las horas pico en el año 2012. Estos datos se resumen en la figura 14. Para obtener estos datos se sumaron los volúmenes actuales proyectados al año 2012 a los viajes que generará el Centro Judicial de Caguas y la institución bancaria propuesta para el sector, suponiendo que estén operando completamente para ese momento. También, se supuso que el patrón de viajes en las horas pico será similar al actual. Los detalles sobre la proyección de los viajes actuales aparecen en el Apéndice 7 del informe. Se

supuso que el PHF en todos los movimientos analizados será similar al actual, con excepción de los movimientos relacionados a la calle menor en la intersección de la avenida Luis Muñoz Marín y el acceso al proyecto. Como la cantidad de vehículos que actualmente hace movimientos relacionados a la calle menor no se asemejará a los que los efectuarán en el futuro, se supuso que el PHF será igual al origen, para los vehículos que se muevan desde la avenida a la calle, o al destino para los vehículos que se muevan de la calle a la avenida. Para los movimientos que se muevan de un proyecto al otro se supuso que el PHF será igual al valor obtenido para toda la intersección.

Debido a que los proyectos propuestos para el sector tendrán su acceso por la intersección de la avenida Luis Muñoz Marín con la calle de acceso a la iglesia frente al predio donde se propone el Centro Judicial de Caguas, se evaluaron los dispositivos de control del tránsito existentes en la misma para comprobar si asegurarán el mejor funcionamiento y la mayor seguridad posible. Esta evaluación se realizó utilizando como guías las justificaciones<sup>2</sup> que aparecen en el Manual de Dispositivos Uniformes de Control de Tránsito (MUTCD, por sus siglas en inglés) (**ATSSA/ITE/AASHTO, 2003**). Las justificaciones se evaluaron utilizando el programa HCS+T7F, versión 5.3 (**University of Florida, 2007**). Al aplicar las

---

<sup>2</sup>Se utiliza el término "justificaciones" para definir el término en inglés "warrants"

justificaciones a la situación que existirá en la intersección se pudo determinar si el control del tránsito será adecuado o si hay que implantar un sistema de semáforos. El detalle de las justificaciones aparece en el Apéndice 8 de este informe. Solamente se pudo evaluar la justificación 3 (Hora Pico) y se cumplió, por lo tanto se justifica la instalación de un sistema de semáforos en esta intersección de manera que tenga la suficiente capacidad para manejar el tránsito que la utilizará durante las horas laborables y durante las horas pico. La evaluación y sus resultados aparecen en el Apéndice 5.

Debido a los problemas de capacidad actuales en las intersecciones de la avenida Luis Muñoz Marín con la avenida Degetau, la calle de acceso a la iglesia, hormigonera y oficina frente al predio donde se propone el Centro Judicial de Caguas y el boulevard Cristóbal Colón y considerando los resultados del análisis descrito en el párrafo anterior se supusieron cambios en la geometría y el control del tránsito de estas facilidades viales. Se supuso que en la entrada al Centro Judicial de Caguas, que es la actual intersección entre la carretera PR-32 y la calle de acceso a la iglesia, hormigonera y oficina se deberá instalar un sistema de semáforos actuado que controle el tránsito. También se deberán proveer, por el oeste, dos carriles para el viraje a la izquierda, de 4.80 metros de ancho cada uno, un carril para el tránsito hacia el este y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos,

3.65 metros de ancho cada uno. Por el este se deberá proveer un carril para el viraje a la izquierda de 4.60 metros de ancho, un carril para seguir hacia el oeste y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho cada una. Por el sur se deberán proveer dos carriles para el viraje a la izquierda y tres carriles para moverse hacia el norte, todos de 4.80 metros de ancho cada uno y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho. Por el norte se deberá proveer una geometría similar a la del acceso por el sur, con la diferencia de que los carriles para el viraje a la izquierda deberán ser de 4.60 metros de ancho cada uno.

También se supuso que en la intersección entre las carreteras PR-32 y PR-34 se deberán proveer, por el oeste, dos carriles para el viraje a la izquierda, de 4.00 metros de ancho cada uno, dos carriles para seguir hacia el este y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho cada uno. Por el este se deberá proveer la misma geometría que en el acceso por el oeste. Por el sur se deberá mantener la geometría actual, con la diferencia de que el ancho de los carriles debe aumentarse a, por lo menos, 3.65 metros cada uno. Por el norte deberán proveerse dos carriles para el viraje a la izquierda, de 4.00 metros de ancho cada uno, tres carriles para continuar hacia el sur y una rampa para el viraje a la derecha, todas con un ancho de, por lo menos,

3.65 metros cada uno. Para el control del tránsito deberá mantenerse el sistema de semáforos existente.

Además se supuso que en la intersección de la carretera PR-32 y el boulevard Cristóbal Colón deberán designarse los dos carriles que llegan por el oeste para el viraje a la izquierda y además proveer, por ese acceso, una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho. Por el sur se deberán proveer dos carriles para el viraje a la izquierda y tres para continuar hacia el norte. Por el norte deberán proveerse tres carriles para seguir hacia el sur y una rampa para el viraje a la derecha. El ancho de todos los carriles que lleguen a la intersección por la carretera PR-32 deberá ser de, por lo menos, 3.65 metros. El control del tránsito se deberá mantener con un sistema de semáforos pero el mismo debe ser actuado. Para asegurar un buen funcionamiento de las intersecciones propuestas, los semáforos las que controlen se deberán interconectar. Con estos supuestos se delineó el escenario utilizado para realizar el análisis operacional correspondiente a los años 2012 y 2022.

En las tablas 7 a la 9 se resumen los resultados del análisis operacional de las intersecciones aquí estudiadas, para las horas pico de un día laborable típico, en el año 2012. El detalle de estos resultados se resume en la figura 15. El nombre de los archivos donde se almacenan los cómputos del análisis operacional

se resume en el Apéndice 4. Los cálculos aparecen en el Apéndice 5 y en el discompacto que se incluye con el informe.

**Tabla 7. Nivel de Servicio al que Operarán, al Momento en el que Recién se Ocupe el Centro Judicial de Caguas, las Facilidades Viales Analizadas en este Estudio, Durante la Hora Pico de la Mañana de un Día Laborable Típico**

Facilidad	Entrada por Oeste	Entrada por Este	Entrada por Sur	Entrada por Norte	Total
PR-32 y PR-34	D(46.8)	D(50.5)	C(34.3)	C(27.1)	C(34.6)
PR-32 y Acceso al Proyecto	D(46.7)	D(47.6)	C(21.8)	B(13.2)	B(18.5)
PR-32 y Cristóbal Colón	D(49.7)		A(8.6)	A(7.9)	A(9.1)
PR-32, entre PR-34 y Cristóbal Colón	Hacia Norte: C(25.7), Hacia Sur: D(20.0)				

Notas:

- 1) En las intersecciones, las demoras por control se indican, entre paréntesis, en segundos por vehículo.
- 2) En el segmento de arterial urbana, la velocidad de recorrido se indica, entre paréntesis, en kilómetros por hora.

**Tabla 8. Nivel de Servicio al que Operarán, al Momento en el que Recién se Ocupe el Centro Judicial de Caguas, las Facilidades Viales Analizadas en este Estudio, Durante la Hora Entre 1:00 y 2:00 de la Tarde de un Día Laborable Típico**

Facilidad	Entrada por Oeste	Entrada por Este	Entrada por Sur	Entrada por Norte	Total
PR-32 y PR-34	D(45.9)	E(63.6)	C(27.1)	C(24.4)	C(34.7)
PR-32 y Acceso al Proyecto	D(46.0)	D(45.3)	C(29.4)	C(25.3)	C(29.9)
PR-32 y Cristóbal Colón	D(51.8)		B(10.8)	B(15.0)	B(14.9)
PR-32, entre PR-34 y Cristóbal Colón	Hacia Norte: D(20.0), Hacia Sur: D(18.1)				

Notas:

- 1) En las intersecciones, las demoras por control se indican, entre paréntesis, en segundos por vehículo.
- 2) En el segmento de arterial urbana, la velocidad de recorrido se indica, entre paréntesis, en kilómetros por hora.

Tabla 9. Nivel de Servicio al que Operarán, al Momento en el que Recién se Ocupe el Centro Judicial de Caguas, las Facilidades Viales Analizadas en este Estudio, Durante la Hora Pico de la Tarde de un Día Laborable Típico

Facilidad	Entrada por Oeste	Entrada por Este	Entrada por Sur	Entrada por Norte	Total
PR-32 y PR-34	D(44.5)	D(36.7)	C(29.9)	C(29.2)	C(32.9)
PR-32 y Acceso al Proyecto	D(51.6)	C(34.9)	C(33.5)	C(23.0)	C(34.1)
PR-32 y Cristóbal Colón	D(49.4)		A(2.9)	A(9.4)	A(7.9)
PR-32, entre PR-34 y Cristóbal Colón	Hacia Norte: D(21.0), Hacia Sur: D(18.0)				

Notas:

- 1) En las intersecciones, las demoras por control se indican, entre paréntesis, en segundos por vehículo.
- 2) En el segmento de arterial urbana, la velocidad de recorrido se indica, entre paréntesis, en kilómetros por hora.

Se obtuvo que, al momento en el que se finalice y recién se ocupe el Centro Judicial de Caguas, las intersecciones analizadas podrán manejar el volumen vehicular al que se verán sujetas sin mayores dificultades. Las demoras serán más que tolerables para los usuarios de las vías analizadas. Esto demuestra que actualmente se necesitan implantar mejoras para aumentar la capacidad de las intersecciones evaluadas y poder servirle bien al tránsito que las utiliza.

Utilizando los procedimientos y supuestos descritos en párrafos anteriores se generaron datos acerca de la cantidad de vehículos que utilizarán las intersecciones analizadas durante las horas pico en el año 2022. Estos datos se resumen en la figura 16. Para obtener estos datos se proyectaron los volúmenes utilizados

Tabla 10. Nivel de Servicio al que Operarán, en el Año 2022, las Facilidades Viales Analizadas en este Estudio, Durante la Hora Pico de la Mañana de un Día Laborable Típico

Facilidad	Entrada por Oeste	Entrada por Este	Entrada por Sur	Entrada por Norte	Total
PR-32 y PR-34	E (68.1)	E (64.8)	D (50.2)	D (38.4)	D (49.5)
PR-32 y Acceso al Proyecto	E (63.0)	E (66.3)	C (26.5)	B (15.9)	C (22.7)
PR-32 y Cristóbal Colón	E (68.4)		A (9.2)	A (9.6)	B (10.8)
PR-32, entre PR-34 y Cristóbal Colón	Hacia Norte: C (25.4), Hacia Sur: D (19.4)				

Notas:

- 1) En las intersecciones, las demoras por control se indican, entre paréntesis, en segundos por vehículo.
- 2) En el segmento de arterial urbana, la velocidad de recorrido se indica, entre paréntesis, en kilómetros por hora.

Tabla 11. Nivel de Servicio al que Operarán, en el Año 2022, las Facilidades Viales Analizadas en este Estudio, Durante la Hora Entre 1:00 y 2:00 de la Tarde de un Día Laborable Típico

Facilidad	Entrada por Oeste	Entrada por Este	Entrada por Sur	Entrada por Norte	Total
PR-32 y PR-34	E (64.7)	E (57.7)	E (58.4)	C (28.3)	D (48.7)
PR-32 y Acceso al Proyecto	E (71.3)	D (40.7)	D (44.2)	C (23.4)	D (39.2)
PR-32 y Cristóbal Colón	E (78.2)		B (12.1)	C (21.9)	C (20.3)
PR-32, entre PR-34 y Cristóbal Colón	Hacia Norte: D (20.6), Hacia Sur: D (18.1)				

Notas:

- 1) En las intersecciones, las demoras por control se indican, entre paréntesis, en segundos por vehículo.
- 2) En el segmento de arterial urbana, la velocidad de recorrido se indica, entre paréntesis, en kilómetros por hora.

Tabla 12. Nivel de Servicio al que Operarán, en el Año 2022, las Facilidades Viales Analizadas en este Estudio, Durante la Hora Pico de la Tarde de un Día Laborable Típico

Facilidad	Entrada por Oeste	Entrada por Este	Entrada por Sur	Entrada por Norte	Total
PR-32 y PR-34	E(57.9)	D(42.3)	E(64.7)	C(34.4)	D(49.0)
PR-32 y Acceso al Proyecto	E(79.4)	C(30.7)	D(35.7)	C(29.3)	D(42.1)
PR-32 y Cristóbal Colón	E(70.6)		A(8.0)	B(10.7)	B(13.1)
PR-32, entre PR-34 y Cristóbal Colón	Hacia Norte: D(22.5), Hacia Sur: E(16.3)				

Notas:

- 1) En las intersecciones, las demoras por control se indican, entre paréntesis, en segundos por vehículo.
- 2) En el segmento de arterial urbana, la velocidad de recorrido se indica, entre paréntesis, en kilómetros por hora.

para el año 2012 utilizando el factor de crecimiento obtenido como parte de este estudio. Los detalles sobre la proyección de los viajes aparecen en el Apéndice 7 del informe.

En las tablas 10 a la 12 se resumen los resultados del análisis operacional de las facilidades viales aquí estudiadas, para las horas pico de un día laborable típico, en el año 2022. El detalle de estos resultados se resume en la figura 17. El nombre de los archivos donde se almacenan los cómputos del análisis operacional se resume en el Apéndice 4. Los cómputos aparecen en el Apéndice 5 y en el discompacto que se incluye con el informe.

Aunque a largo plazo, en términos generales, las intersecciones analizadas operarán a Niveles de Servicio buenos, algunos de los accesos operarán a capacidad. Aún así, las demoras

serán tolerables para los usuarios de las vías analizadas, por lo que la operación que se espera en estas intersecciones para el año 2022 es aceptable.

Según los resultados obtenidos para el momento en el que se finalice y recién se ocupe el Centro Judicial de Caguas, las principales intersecciones que le darán servicio tendrán la capacidad de manejar el flujo vehicular que las utilizará, tomando en consideración los viajes que este y otro proyecto propuesto para el área generarán. Para esto hay que realizar ajustes en el control del tránsito y la geometría en las intersecciones analizadas. Las mejoras son necesarias de inmediato.

## Conclusiones

El Centro Judicial de Caguas proveerá a este municipio de mejores facilidades para ofrecer servicios relacionados a la judicatura. El proyecto permitirá sustituir unas instalaciones que ya no pueden proveer la mejor eficiencia en este servicio. La existencia de infraestructura ayudará a que el impacto del proyecto en las vías circundantes pueda ser manejado por las mismas. Actualmente existen problemas de capacidad en las intersecciones aquí evaluadas de la carretera PR-32. Se deberá ajustar la geometría de estas intersecciones, independientemente de la construcción del Centro Judicial de Caguas. También se deberá ajustar el control del tránsito en las intersecciones de la carretera PR-32 con el acceso al proyecto y el boulevard Cristóbal Colón. Esto mejorará la operación actual y aumentará la capacidad y seguridad de las intersecciones. La geometría y el control del tránsito en la intersección de la carretera PR-32 que le dará acceso al proyecto propuesto debe ser diseñada de acuerdo a las características que tendrá el flujo vehicular que la utilice. Considerando esto las intersecciones indicadas podrán manejar los viajes que generen los proyectos propuestos para el sector. Al implantarse estas mejoras en las intersecciones evaluadas, la red vial por donde se accederá al proyecto propuesto funcionará adecuadamente y lo seguirá haciendo al momento en el que este se

complete y recién se ocupe y a diez años después de ese momento, asegurando varios años de buen servicio a los usuarios.

Se observó que las vías analizadas registran un patrón de flujo vehicular durante un día laborable típico de acuerdo a su función y al lugar donde se encuentran. El Centro Judicial de Caguas se ajustará a las características del área. Por estos motivos la ocupación de este proyecto no debe cambiar los patrones vehiculares que se registran. La consistencia en el comportamiento del tránsito será en beneficio de la operación de las carreteras analizadas ya que los niveles del flujo vehicular se mantendrán dentro de los límites aceptables, permitiendo que operen de forma adecuada por los próximos años.

## Recomendaciones

El Centro Judicial de Caguas traerá una cantidad adicional de vehículos al área analizada que será manejada por las carreteras PR-32, PR-34 y el boulevard Cristóbal Colón, realizando ajustes al control del tránsito y la geometría de las intersecciones existentes en el sector. En la entrada al Centro Judicial de Caguas, que es la actual intersección entre la carretera PR-32 y la calle de acceso a la iglesia, hormigonera y oficina se deberá instalar un sistema de semáforos actuado que controle el tránsito. También se deberán proveer, por el oeste, dos carriles para el viraje a la izquierda, de 4.80 metros de ancho cada uno, un carril para el tránsito hacia el este y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho cada uno. La longitud de los carriles para virar a la izquierda deberá ser, por lo menos, 80 metros. Por el este se deberá proveer un carril para el viraje a la izquierda, de 4.60 metros de ancho, un carril para seguir hacia el oeste y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho cada una. La longitud del carril para virar a la izquierda deberá ser, por lo menos, 30 metros. Por el sur se deberán proveer dos carriles para el viraje a la izquierda y tres carriles para moverse hacia el norte, todos de 4.80 metros de ancho cada uno y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho. La longitud de los carriles para el viraje a la izquierda deberá ser, por lo menos, 80

metros. Por el norte se deberá proveer una geometría similar a la del acceso por el sur, con la diferencia de que los carriles para el viraje a la izquierda deberán ser de 4.60 metros de ancho cada uno.

En la intersección entre las carreteras PR-32 y PR-34 se deberán proveer, por el oeste, dos carriles para el viraje a la izquierda, de 4.00 metros de ancho cada uno, dos carriles para seguir hacia el este y una rampa para el viraje a la derecha de, por lo menos, 3.65 metros de ancho cada una. La longitud de los carriles para el viraje a la izquierda deberá ser, por lo menos, 40 metros. Por el este se deberá proveer la misma geometría que en el acceso por el oeste con la diferencia de que la longitud de los carriles para el viraje a la izquierda deberá ser, por lo menos, 30 metros. Por el sur se deberá mantener la geometría actual, con la diferencia de que el ancho de los carriles debe aumentarse a, por lo menos, 3.65 metros cada uno. Por el norte deberán proveerse dos carriles para el viraje a la izquierda, de 4.00 metros de ancho cada uno, tres carriles para continuar hacia el sur y una rampa para el viraje a la derecha, todas con un ancho de, por lo menos, 3.65 metros cada uno. La longitud de los carriles para virar a la izquierda en este acceso deberá ser, por lo menos, 45 metros. Para el control del tránsito deberá mantenerse el sistema de semáforos existente.

En la intersección de la carretera PR-32 y el boulevard Cristóbal Colón deberán designarse los dos carriles que llegan por el oeste para el viraje a la izquierda y además proveer, por ese acceso, una rampa para el viraje a la derecha, de 3.65 metros de ancho, por lo menos. Por el sur se deberán proveer dos carriles para el viraje a la izquierda y tres para continuar hacia el norte. Los carriles para virar a la izquierda deberán tener una longitud de, por lo menos, 30 metros. Por el norte deberán proveerse tres carriles para seguir hacia el sur y una rampa para el viraje a la derecha. El ancho de todos los carriles que lleguen a la intersección por la carretera PR-32 deberá ser de, por lo menos, 3.65 metros cada uno. El control del tránsito se deberá mantener con un semáforo pero el mismo debe ser actuado. Para asegurar un buen funcionamiento de las facilidades viales propuestas, los semáforos que controlen estas tres intersecciones se deberán interconectar. La necesidad de estas mejoras responde tanto a la falta de capacidad actual como a los proyectos propuestos, por lo tanto el Departamento de Transportación y Obras Públicas y/o la Autoridad de Carreteras y Transportación, el Municipio Autónomo de Caguas y los desarrolladores de los proyectos propuestos para el área deberán ser responsables de las mismas. Las mejoras recomendadas se ilustran en la figura 18. Los tiempos y las fases actuales y propuestas para los semáforos analizados se ilustran en la figura 19.

Los criterios que se deben tomar en consideración al efectuar el diseño geométrico y del control del tránsito, de acuerdo a lo aquí recomendado, aparecen en el Reglamento para el Control de Accesos a las Vías Públicas de Puerto Rico (ELA, 1976) y demás guías vigentes (AASHTO, 2004) (AATSA/ITE/AASHTO, 2003) (ACT, 2000). Con las recomendaciones aquí resumidas, la red vial aquí analizada podrá manejar el flujo vehicular que la utiliza y utilizará a corto, mediano y largo plazo, tomando en consideración a la construcción y ocupación del Centro Judicial de Caguas.

## Certificación

Este informe fue preparado basado en las condiciones existentes al momento del trabajo de campo y otras condiciones citadas en las referencias aquí indicadas e información provista por el proponente. Los diseñadores del proyecto deben verificar que ninguna condición haya sido pasada por alto, requiriéndose mayor clarificación y/o comentarios adicionales. Este documento fue preparado por Pérez Berenguer y Asociados y aplica únicamente al Centro Judicial de Caguas (Consulta de Ubicación 2008-46-0201-JPU-MA ante la Junta de Planificación), propuesto por el ingeniero Camilo Almeyda Eurite para la intersección de la carretera PR-32 (avenida Luis Muñoz Marín) y el boulevard Cristóbal Colón, barrio Pueblo, Caguas, Puerto Rico. Los datos, análisis, discusiones, conclusiones y recomendaciones aquí formuladas no aplican a ningún otro proyecto.

Certifico Correcto

  
José W. Pérez Berenguer, MSCE, PE, PTOE, SIT

## Referencias

- AASHTO (2004) *A policy on geometric design of highways and streets*. Fifth Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.
- AATSA/ITE/AASHTO (2003) *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*. 2003 Edition, American Traffic Safety Services Association, Institute of Transportation Engineers, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC
- ACT (2000) *Standard Drawings*. Puerto Rico Department of Transportation and Public Works, Puerto Rico Highway and Transportation Authority, San Juan, Puerto Rico
- Autodesk (1999) *AutoCad 2000*. Version 15.0.02, San Rafael, CA
- Corel Corporation Limited (1999) *Corel Quattro Pro*. Version 9.0.0.588, Farmingdale, NY
- Corel Corporation Limited (1999) *WordPerfect*. Version 9.0.0.588, Farmingdale, NY
- ) ELA (2005) [http://www.dtop.gov.pr/transito/search\\_transit\\_data.asp](http://www.dtop.gov.pr/transito/search_transit_data.asp)  
Departamento de Transportación y Obras Públicas, Autoridad de Carreteras y Transportación, Programa de Datos de Tránsito, San Juan, Puerto Rico
- ELA (2004) *Guías para la Preparación de Estudios Operacionales de Accesos y de Tránsito para Puerto Rico*. Departamento de Transportación y Obras Públicas, Autoridad de Carreteras y Transportación, San Juan, Puerto Rico
- ELA (1976) *Reglamento para el Control de Accesos a las Vías Públicas de Puerto Rico*. Departamento de Transportación y Obras Públicas, San Juan, Puerto Rico
- Edwards, J. D. (1994) *Transportation Planning Handbook*. Institute of Transportation Engineers, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Eduards, M. (2003) *Community Guide to Development Impact Analysis*. [http://www.lic.wisc.edu/shapingdane/facilitation/all\\_resources/impacts/analysis\\_traffic.htm](http://www.lic.wisc.edu/shapingdane/facilitation/all_resources/impacts/analysis_traffic.htm), University of Wisconsin-Madison, Madison, WI

- Homburger, W. S., Kell, J. H. and Perkins, D. D. (1992) *Fundamentals of Traffic Engineering*. 13<sup>th</sup> edition, course notes, Institute of Transportation Studies, University of California at Berkeley, Berkeley, California.
- ITE (2003) *Trip Generation*. Seventh edition, Volume 3 of 3, Institute of Transportation Engineers, Washington, DC.
- ITE (2001) *Trip Generation Handbook - An ITE Recommended Practice*. Institute of Transportation Engineers, Washington, DC.
- Khisty, C. J. (1990) *Transportation Engineering - an introduction*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- McShane, W. R., Roess, R. P. and Prassas, E. S. (1998) *Traffic Engineering*. Second Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
- Nu-Metrics (2002) *Highway Data Management (HDM) Software*. Versión 8.0, Build 8017, Uniontown, PA
- Radelat, G. (2003) *Principios de Ingeniería de Tránsito*. Institute of Transportation Engineers, Washington, DC
- Robertson, D. H., Hummer, J. E. and Nelson, D. C. (1994) *Manual of Transportation Engineering Studies*. Institute of Transportation Engineers, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Sepúlveda, J. A., Souder, W. E. and Gottfried, B. S. (1984) *Theory and Problems of Engineering Economics*. Schaum's Outline Series, Mc Graw-Hill, Inc., NY.
- TRB (2000) *Highway Capacity Manual*. Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC.
- University of Florida (2007) *Highway Capacity Software*. Version 5.3, Gainesville, FL.

Apéndices

Apéndice 1. Figuras

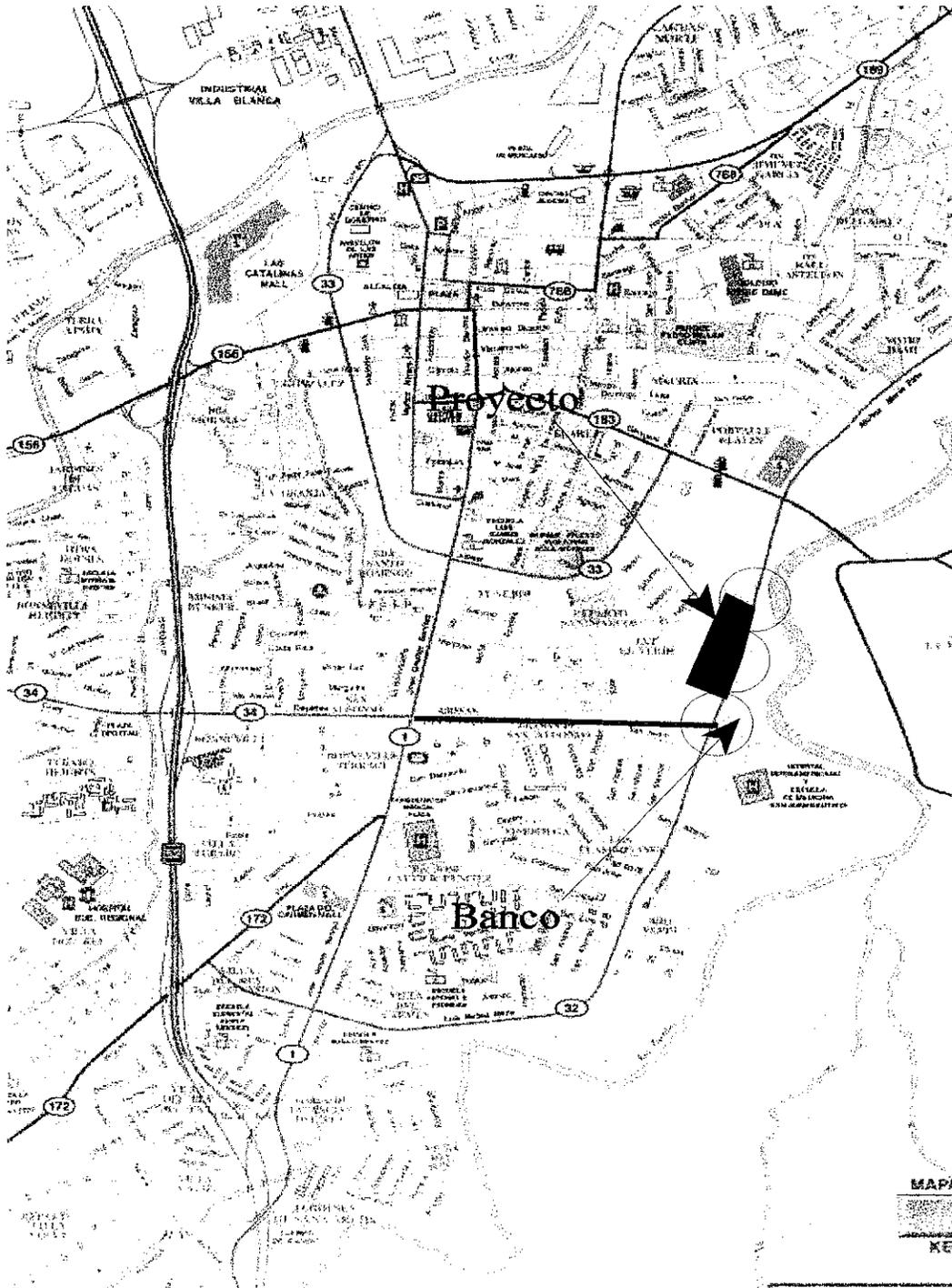


Figura 1. Mapa de carreteras del área analizada. El proyecto propuesto se ilustra en azul y las intersecciones analizadas se circulan en rojo. Figura no está a escala

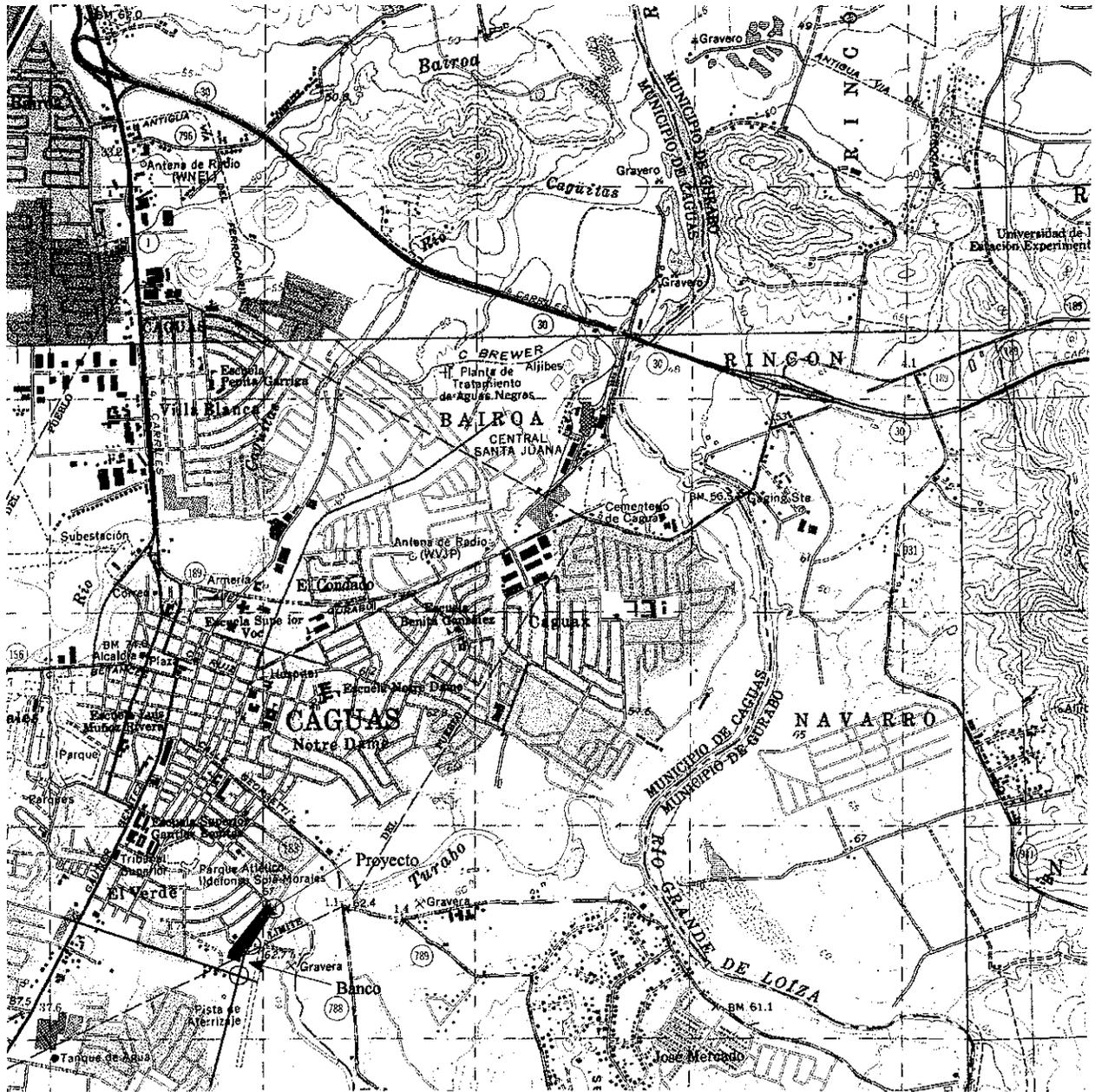


Figura 2. Cuadrángulo del área analizada. El proyecto propuesto se ilustra en azul y las intersecciones analizadas se circulan en rojo. Figura no está a escala



Figura 3. Intersección de las carreteras PR-32 (avenida Luis Muñoz Marín) y PR-34 (avenida Degetau), vista desde el oeste



Figura 4. Intersección de la carretera PR-32 y la calle de acceso a la iglesia, hormigonera y oficina que ubican frente al predio donde se propone el Centro Judicial de Caguas, vista desde el suroeste



Figura 5. Intersección de la carretera PR-32 y el boulevard Cristóbal Colón, vista desde el oeste



Figura 6. Vista aérea del área analizada. Figura no está a escala

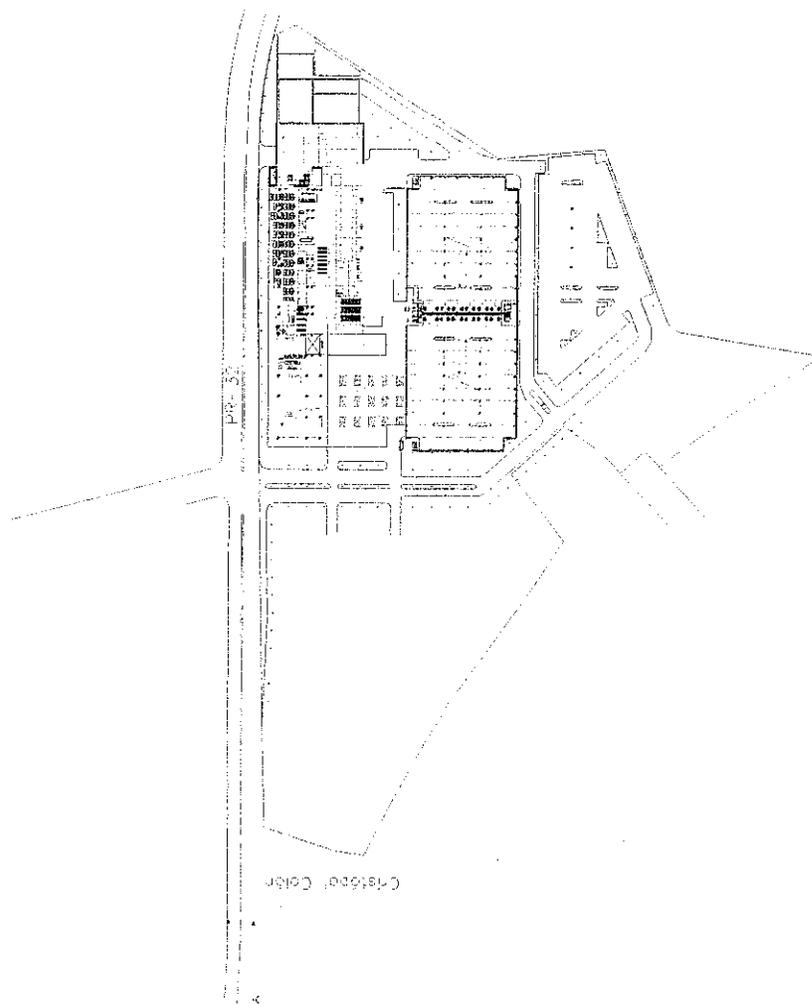


Figura 7. Planta propuesta para el Centro Judicial de Caguas. Figura no está a escala

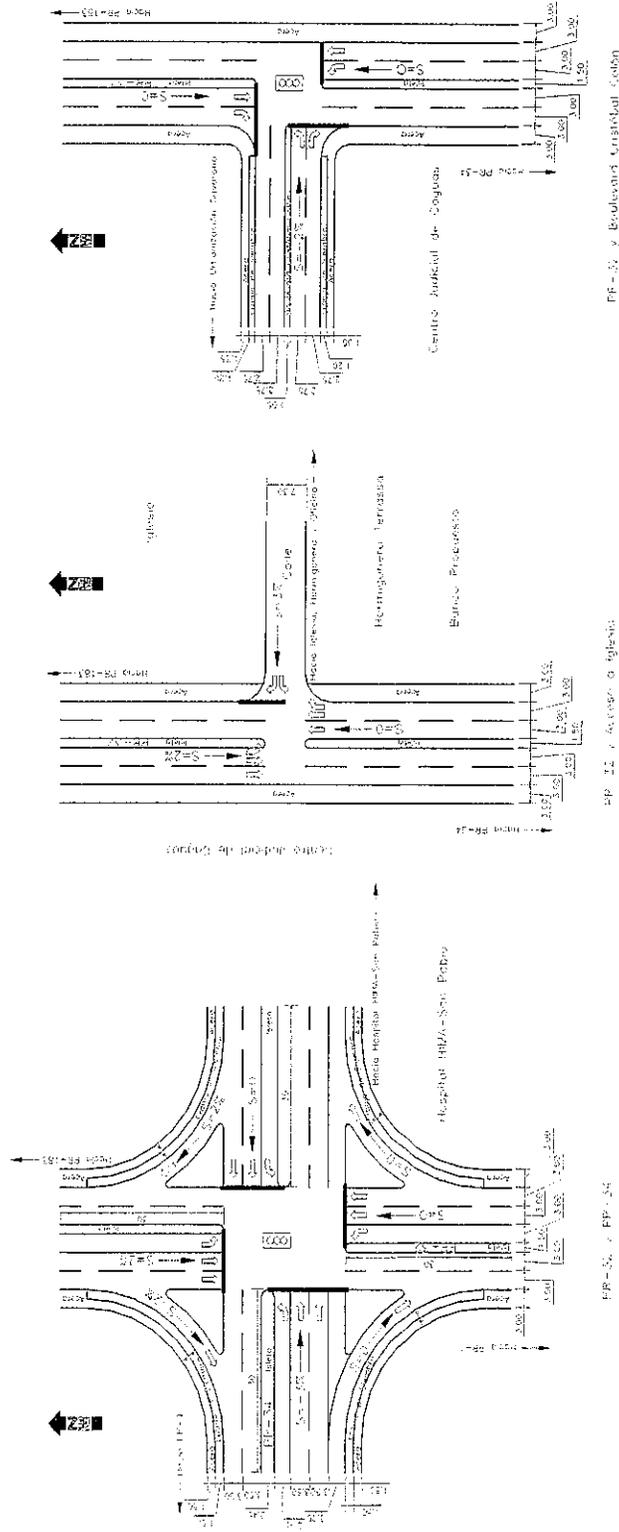


Figura 8. Esquema de las intersecciones analizadas. La velocidad máxima permitida en las carreteras que componen la red analizada es 25 mph. Las pendientes de los accesos se indican con una "S". No se permite el estacionamiento en las intersecciones analizadas. Las dimensiones se expresan en metros. Se ilustran los movimientos contabilizados en magenta. Los rótulos de "Ceda" se ilustra en magenta. Dibujo no está a escala

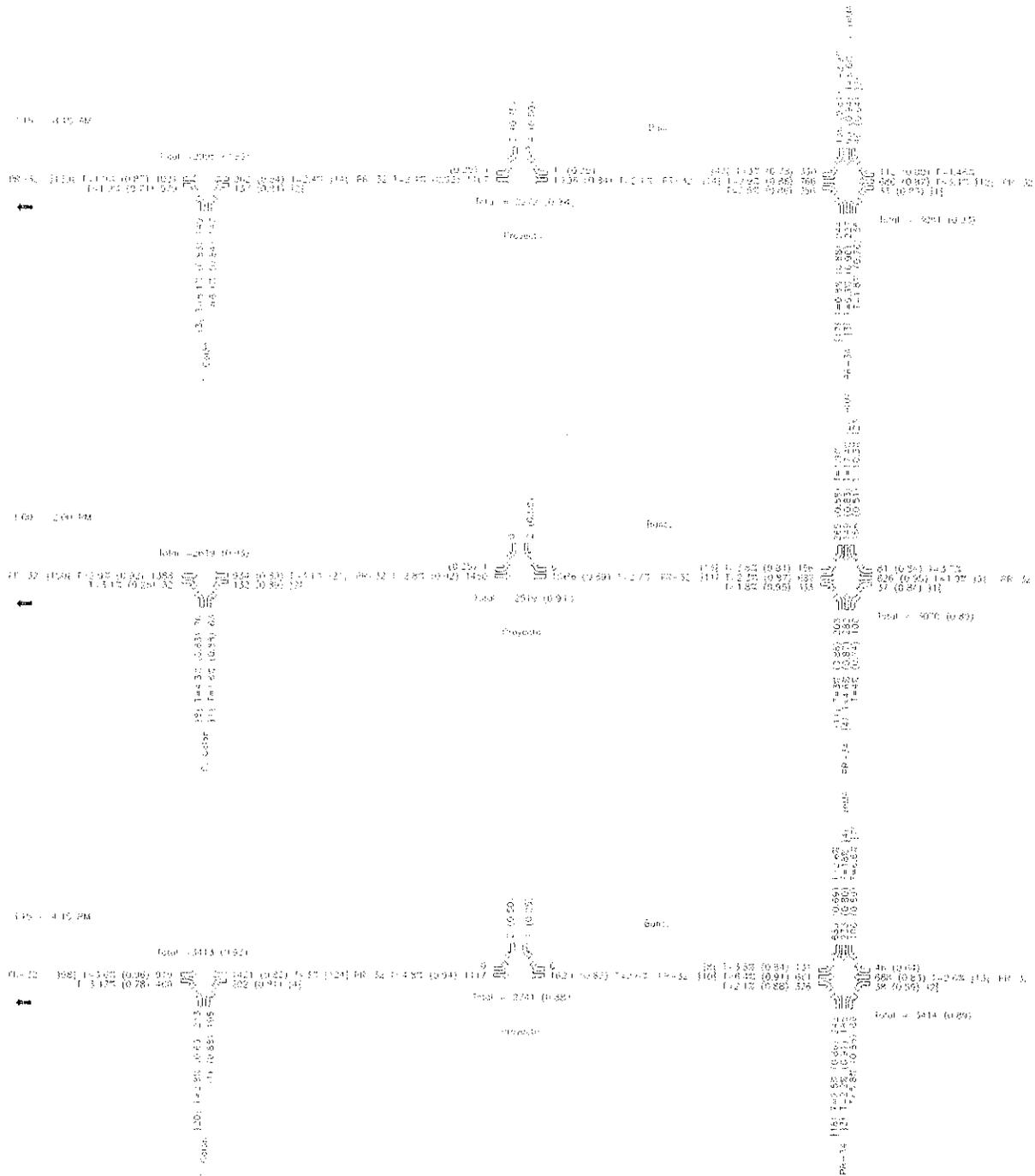


Figura 9. Flujo vehicular y Factor de la Hora Pico actual, por movimiento y total, durante las horas pico de un día laborable típico, en las intersecciones analizadas. También se ilustra el porcentaje del volumen vehicular compuesto por vehículos pesados y la longitud de cola, por movimiento, para los mismos períodos. El flujo vehicular se expresa en vehículos por hora y la longitud de cola en vehículos. El Factor de la Hora Pico se ilustra entre paréntesis y la longitud de cola entre corchetes. En los movimientos donde no se indica el valor de alguna variable, esta tiene un valor de cero

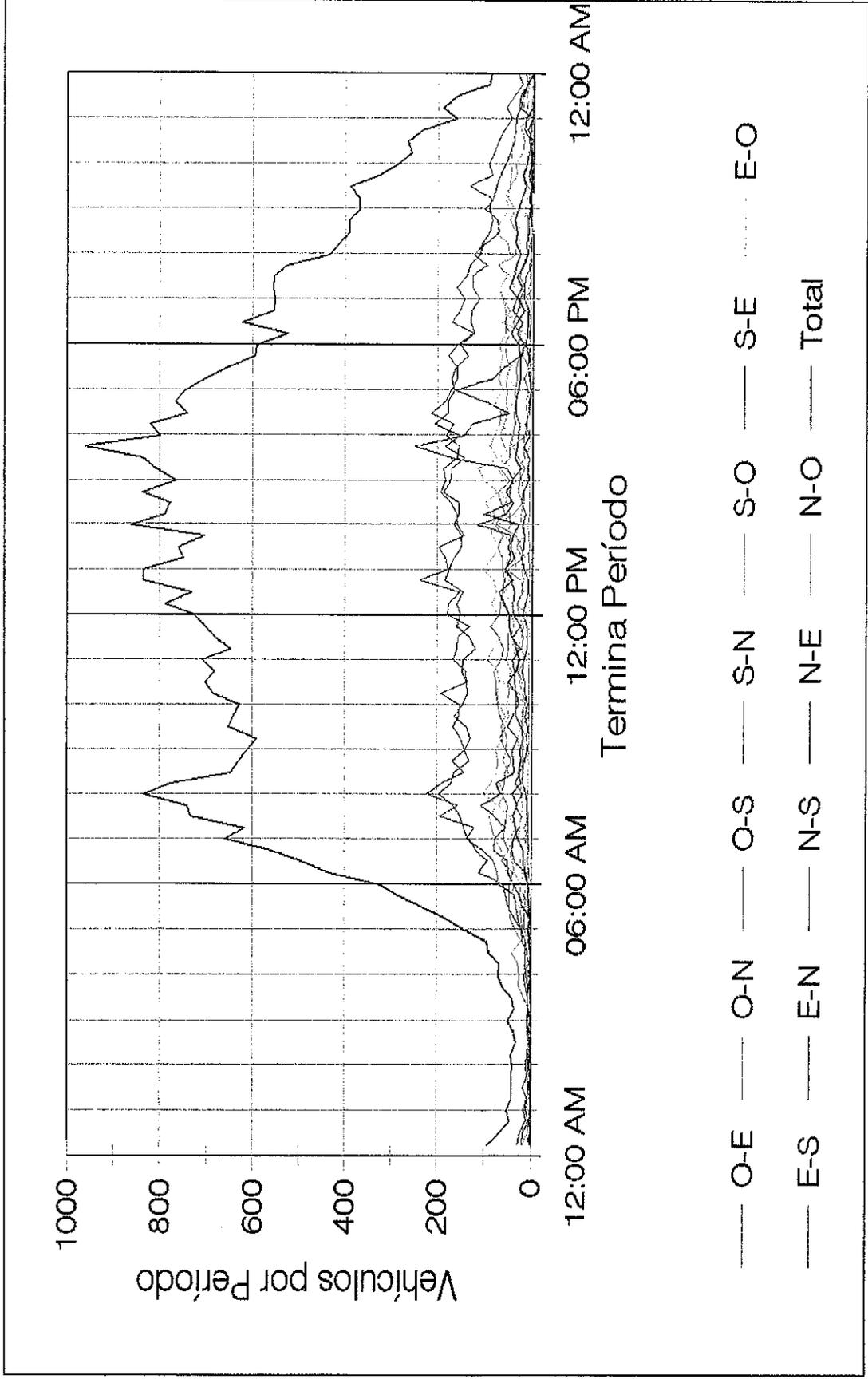


Figura 10. Patrón actual del flujo vehicular, por movimiento y total, en la intersección de las carreteras PR-32 y PR-34, durante un día laborable típico

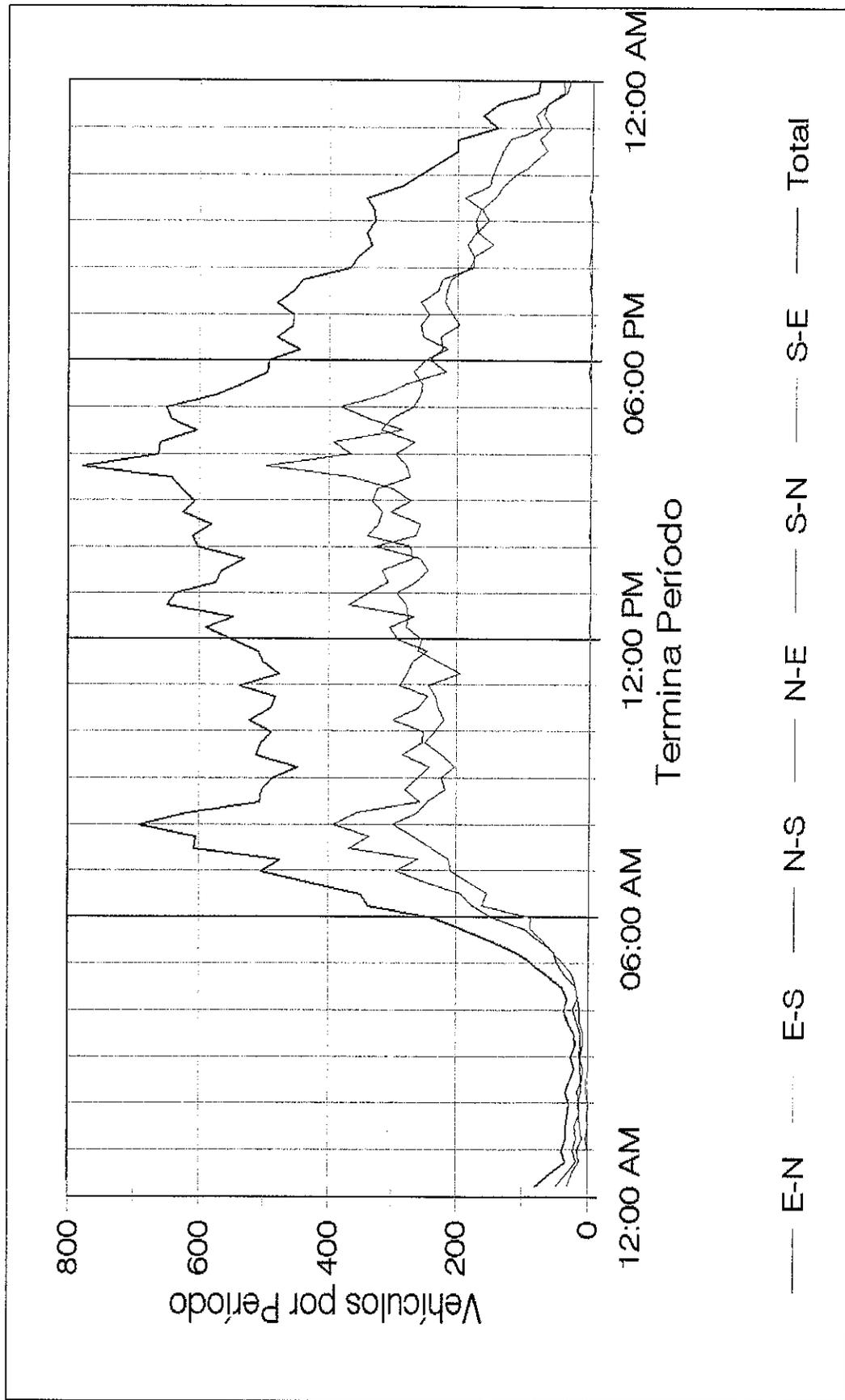


Figura 11. Patrón actual del flujo vehicular, por movimiento y total, en la intersección de la carretera PR-32 y la calle que le da acceso a la iglesia, hormigonera y oficina ubicadas frente al predio donde se propone el Centro Judicial de Caguas, durante un día laborable típico

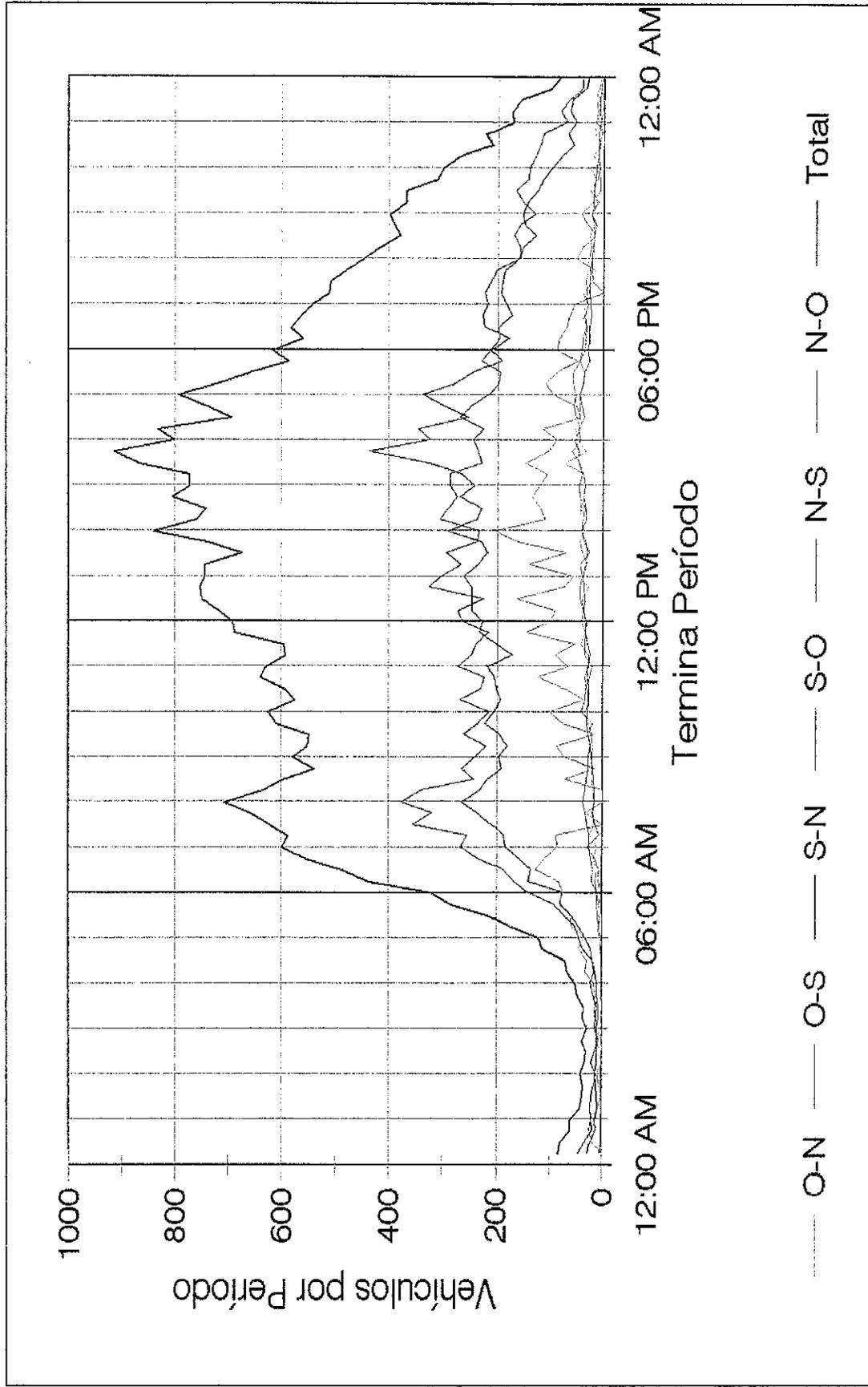


Figura 12. Patrón actual del flujo vehicular, por movimiento y total, en la intersección de la carretera PR-32 y el boulevard Cristóbal Colón, durante un día laborable típico

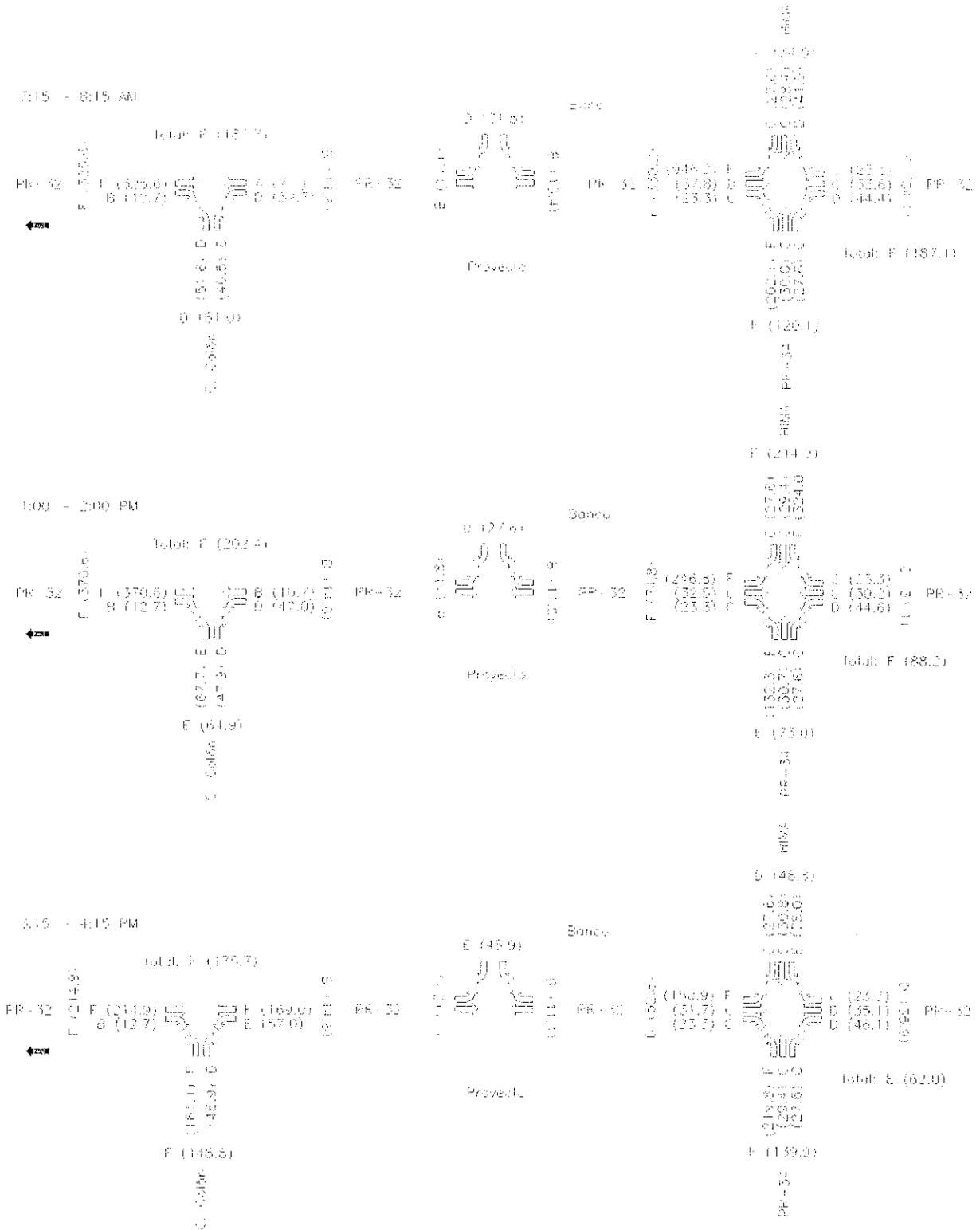


Figura 13. Nivel de Servicio al que operan actualmente, durante las horas pico de un día laborable típico, las intersecciones analizadas en este estudio. Las demoras por control aparecen entre paréntesis, en segundos por vehículo

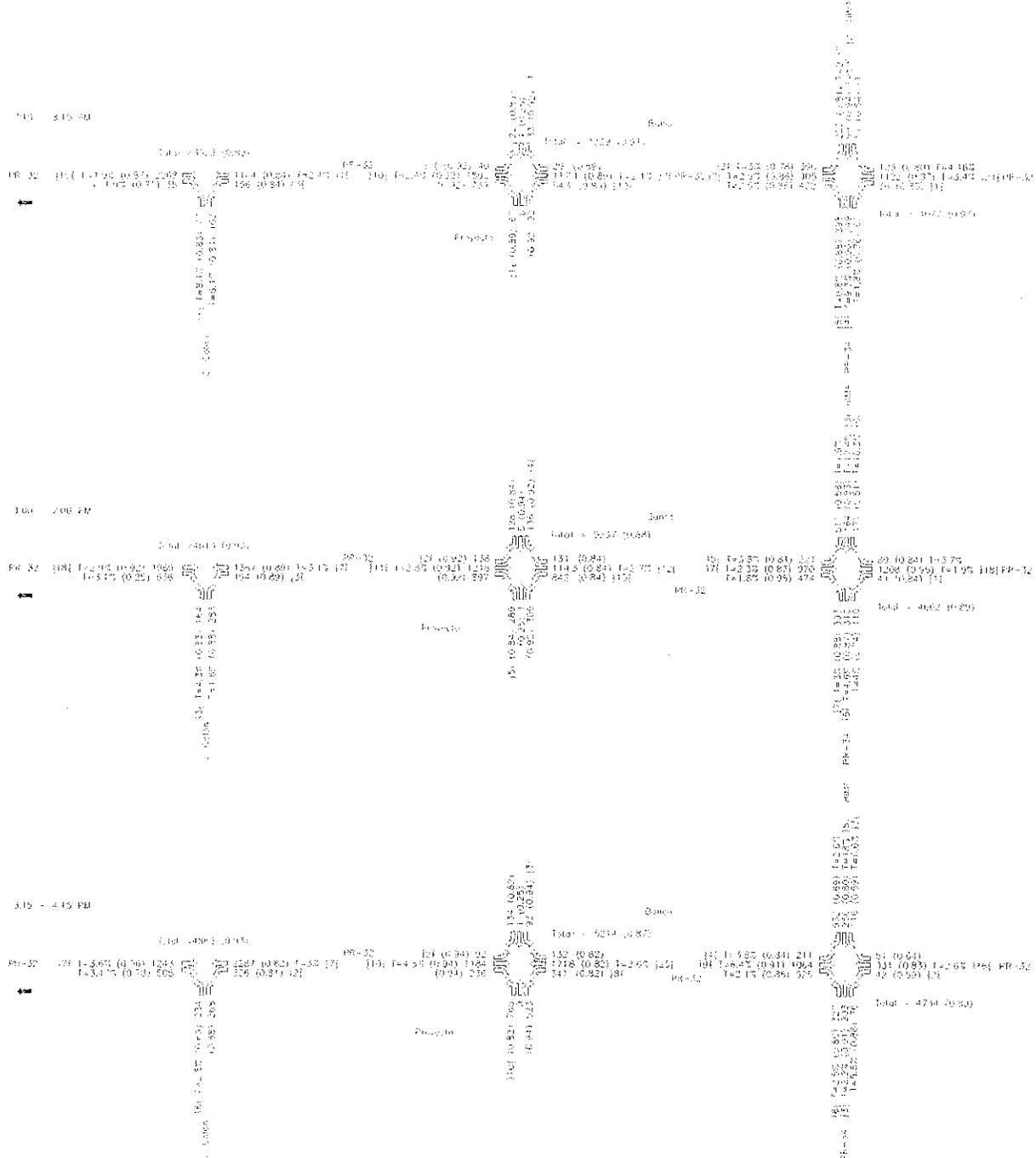


Figura 14. Flujo vehicular y Factor de la Hora Pico, por movimiento y total, durante las horas pico de un día laborable típico, en las intersecciones analizadas, para el momento en el que se culmine y recién se ocupe el Centro Judicial de Caguas. También se ilustra el porcentaje del volumen vehicular compuesto por vehículos pesados y la longitud de cola, por movimiento, para los mismos períodos. El flujo vehicular se expresa en vehículos por hora y la longitud de cola en vehículos. El Factor de la Hora Pico se ilustra entre paréntesis y la longitud de cola entre corchetes. En los movimientos donde no se indica el valor de alguna variable, esta tiene un valor de cero

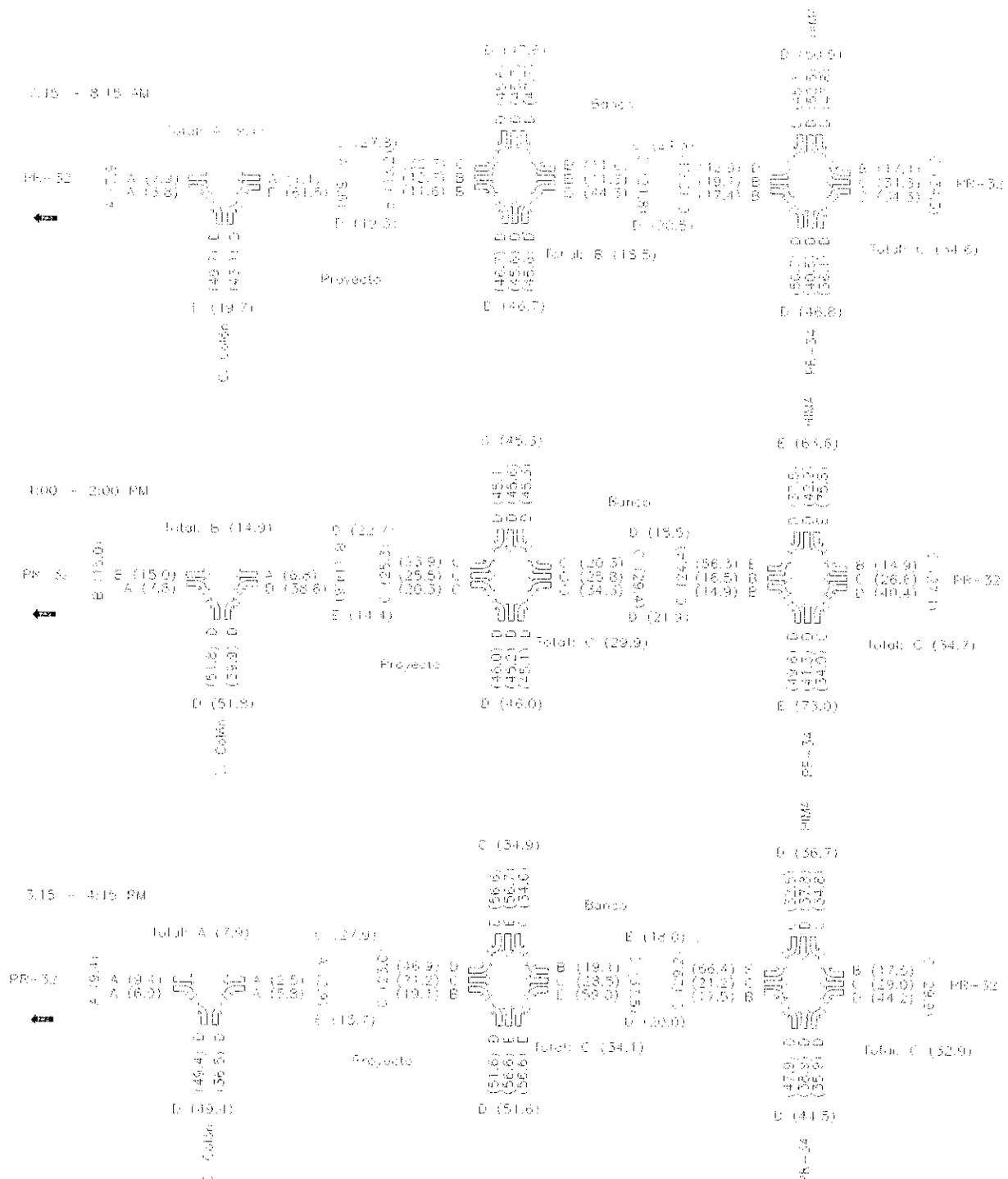


Figura 15. Nivel de Servicio al que operarán las facilidades viales analizadas en este estudio, durante las horas pico de un día laborable típico, por movimiento y total, en el momento en el que recién se ocupe el Centro Judicial de Caguas. En las intersecciones, la demora por control aparece entre paréntesis, en segundos por vehículo. En segmentos de arteriales urbanas, la velocidad de recorrido aparece entre paréntesis, en kilómetros por hora

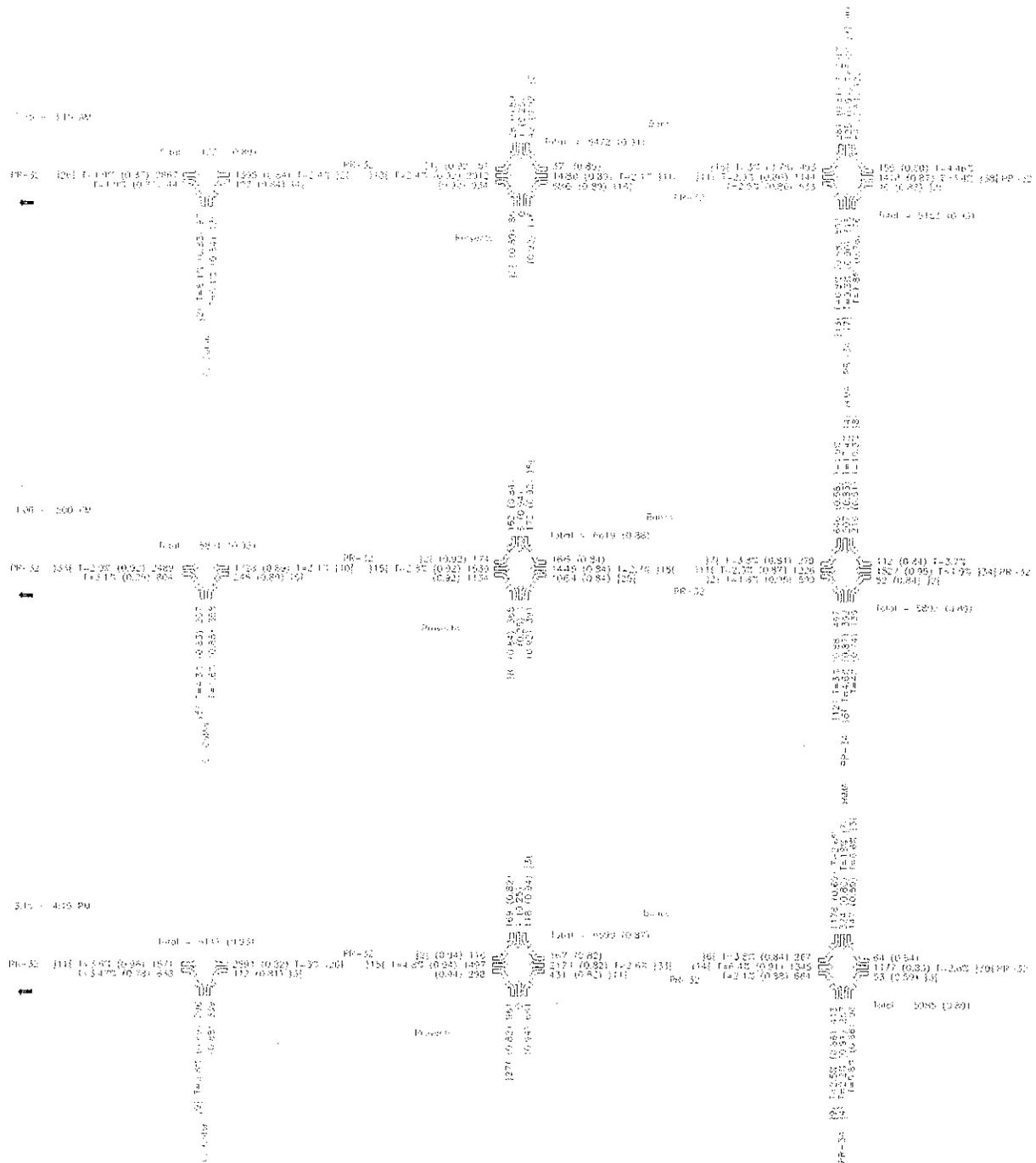


Figura 16. Flujo vehicular y Factor de la Hora Pico, por movimiento y total, durante las horas pico de un día laborable típico, en las intersecciones analizadas, para el año 2022. También se ilustra el porcentaje del volumen vehicular compuesto por vehículos pesados y la longitud de cola, por movimiento, para los mismos períodos. El flujo vehicular se expresa en vehículos por hora y la longitud de cola en vehículos. El Factor de la Hora Pico se ilustra entre paréntesis y la longitud de cola entre corchetes. En los movimientos donde no se indica el valor de alguna variable, esta tiene un valor de cero

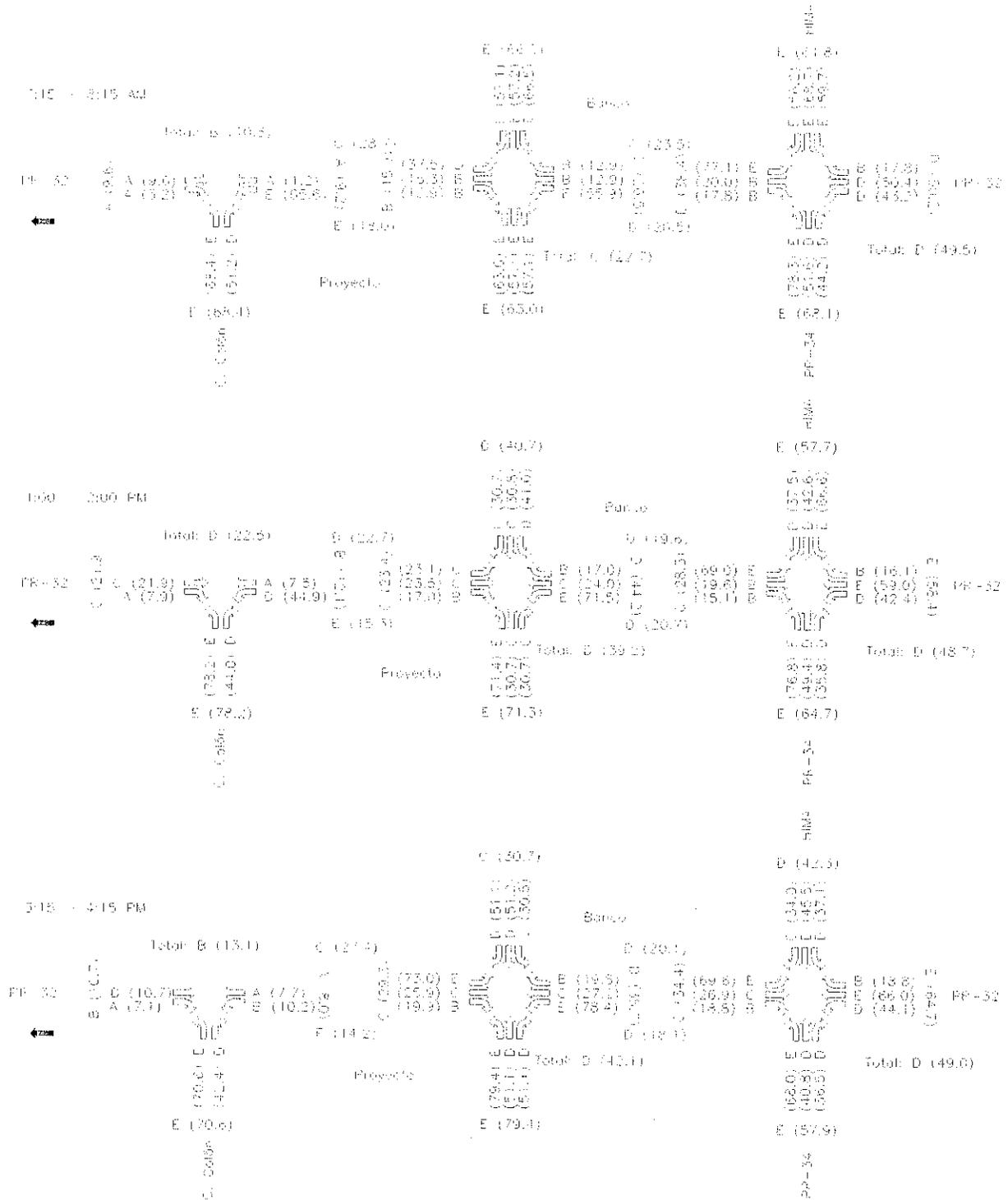


Figura 17. Nivel de Servicio al que operarán las intersecciones analizadas en este estudio, durante las horas pico de un día laborable típico, por movimiento y total, en el año 2022. En las intersecciones, la demora por control aparece entre paréntesis, en segundos por vehículo. En segmentos de arteriales urbanas, la velocidad de recorrido aparece entre paréntesis, en kilómetros por hora

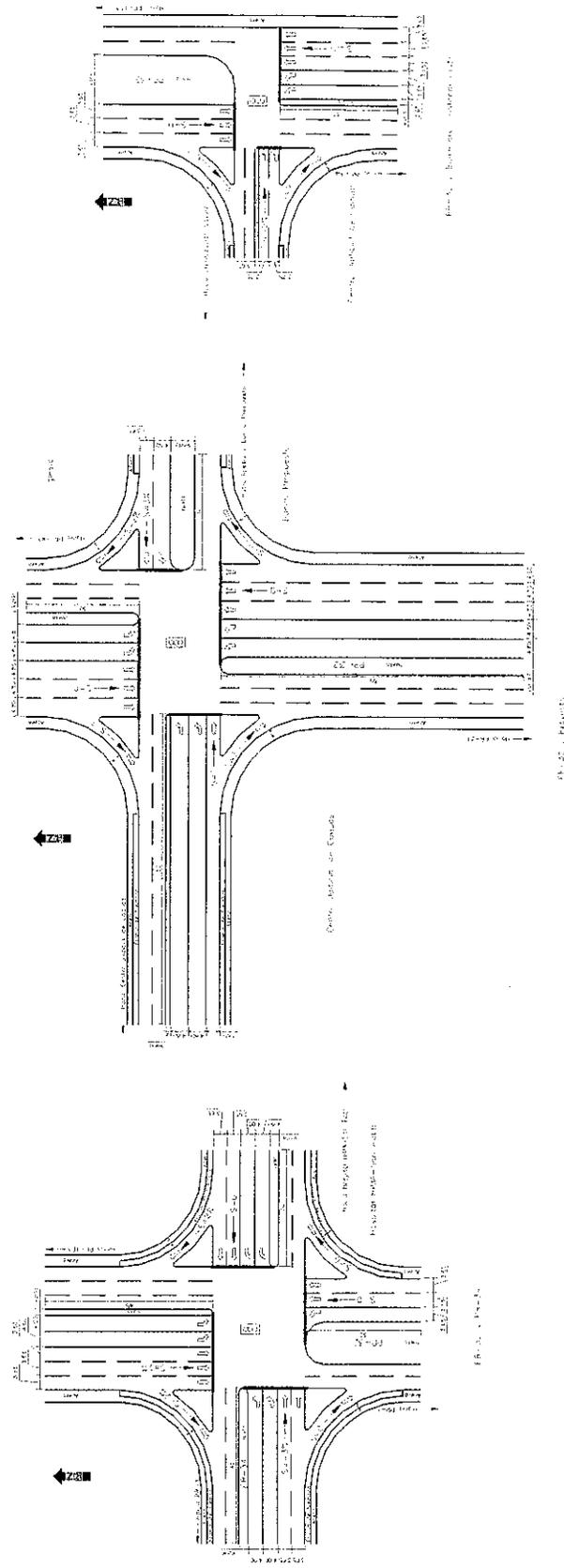


Figura 18. Esquema de las intersecciones analizadas en este estudio, incluyendo las mejoras geométricas y al control de tránsito propuestas para que operen adecuadamente

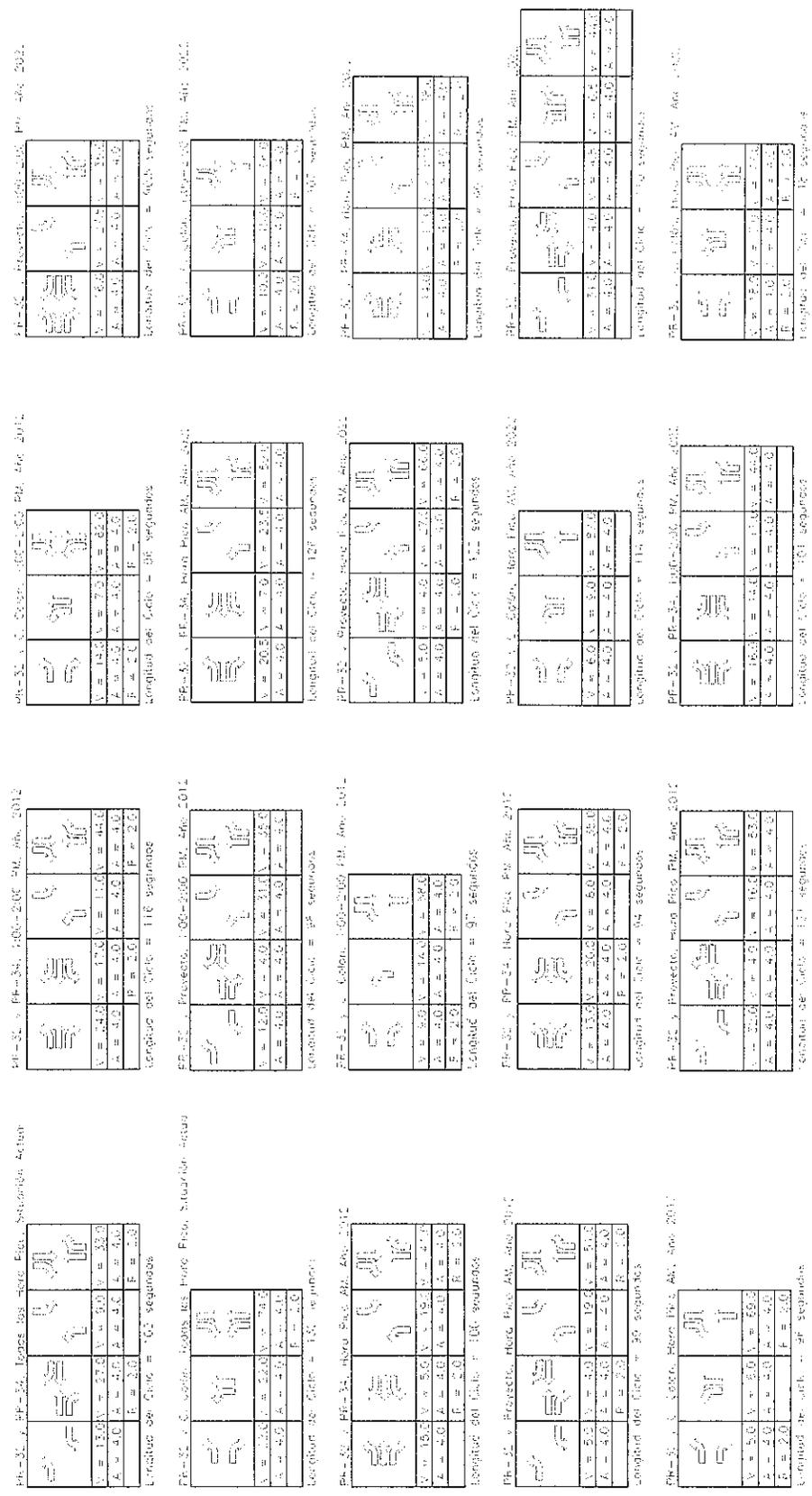


Figura 19. Tiempos y fases actuales y propuestas para los semáforos evaluados en este estudio

## Apéndice 2. Guías utilizadas en el análisis operacional (TRB, 2000)

Highway Capacity Manual 2000

EXHIBIT 10-24. EXAMPLE SERVICE VOLUMES FOR SIGNALIZED INTERSECTION  
(SEE FOOTNOTE FOR ASSUMED VALUES)

Through Lanes	LOS				
	A	B	C	D	F
	Service Volumes (veh/h)				
1	N/A	170	340	530	990
2	N/A	200	860	1090	1220
3	N/A	N/A	1230	1510	1680

**Notes:**

N/A = not achievable given assumptions listed below.

This table is derived from the following assumptions:

a. Lanes and total binary volumes for subject approaches including turns.

b. All approaches of intersection have the same demand as the subject approach.

c. Left turns equal to 10% of approach demand. Right turns equal to 10% of approach demand.

d. Pleading is protected lefts with exclusive left turn lane in addition to through lanes.

e. All approaches are two-way streets.

f. Peak hour factor = 0.92.

g. Saturation flow for each approach is computed assuming the following defaults: lane width = 32 ft, percent heavy vehicles = 2%, grades = 0%, parking = 0 ft, bus = 2 ft, pedestrians = 50 ft, area type = GB, lane utilization = 1.05 for 2 lane, 1.10 for 3 lanes, base saturation flow rate = 1900 pc/h-ft. These assumptions result in adjusted saturation flow rates of 1770 for the left turn lanes and 1580 veh/h-ft for the through lanes.

h. Lost time = 6 s.

i. No upstream signal ( $\beta = 1.0$ ).

j. Pretimed signal ( $\beta = 0.50$ ).

k. Arrival type = 3.

l. Analysis period ( $T$ ) = 0.25 h.

m. Initial queue = 0.

n. Signal timing set to maximize service volumes subject to pedestrian clearance time requirements, minimum phase lengths, and maximum signal length of 150 s.

o. Cycle lengths are as follows:

Through Lanes	LOS A	LOS B	LOS C	LOS D	LOS F
1	N/A	60 s	60 s	110 s	120 s
2	N/A	70 s	80 s	110 s	150 s
3	N/A	N/A	90 s	100 s	150 s

Note that minimum cycle lengths to serve pedestrians are 60 s for single lane approach intersection, 70 s for two lane approach intersection, and 80 s for a three lane approach intersection. Minimum pedestrian clearance times are 3 s per through lane plus 3 s for left turn lane plus 6 s walk display. Minimum left turn phase was set of 5 s plus phase change and clearance time of 4 s.

### IV. UNSIGNALIZED INTERSECTIONS

Three types of unsignalized intersections are addressed in this manual: two-way stop-controlled (TWSC), all-way stop-controlled (AWSC), and roundabouts.

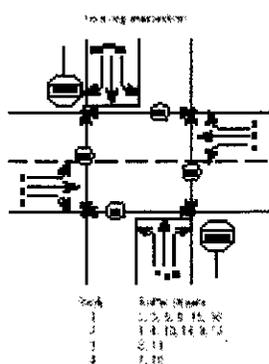
#### CHARACTERISTICS OF TWSC INTERSECTIONS

TWSC intersections are common in the United States and abroad. Stop signs are used to control vehicle movements at such intersections. At TWSC intersections, the stop-controlled approaches are referred to as the minor street approaches; they can be either public streets or private driveway(s). The intersection approaches that are not controlled by stop signs are referred to as the major street approaches.

A three-leg intersection is considered to be a standard type of TWSC intersection if the single minor street approach (i.e., the stem of the T configuration) is controlled by a stop sign. Three-leg intersections where two of the three approaches are controlled by stop signs are a special form of unsignalized intersection control.

#### FLOW AT TWSC INTERSECTIONS

TWSC intersections assign the right-of-way among conflicting traffic streams according to the following hierarchy:



- Rank 1** All conflicting movements yield the right-of-way to any through or right-turning vehicle on the major street approaches. The major street through and right-turning movements are the highest-priority movements at a TWSI intersection.
- Rank 2** Vehicles turning left from the major street onto the minor street yield only to conflicting major street through and right-turning vehicles. All other conflicting movements at a TWSI intersection yield to these major street left-turning movements. Vehicles turning right from the minor street onto the major street yield only to conflicting major street through movements.
- Rank 3** Minor street through vehicles yield to all conflicting major street through, right-turning, and left-turning movements.
- Rank 4** Minor street left-turning vehicles yield to all conflicting major street through, right-turning, and left-turning vehicles and to all conflicting minor street through and right-turning vehicles.

Even though the hierarchy described above suggests that the highest-priority movements experience no delay as they travel through a TWSI intersection, experience shows that their right-of-way is sometimes preempted by other conflicting movements. Such preemptions most often occur during periods of congestion when vehicles in the conflicting movements are experiencing long delays and queues (or when separate left-turn bays are not provided on the major street).

#### GAP ACCEPTANCE MODELS

Gap acceptance models begin with the recognition that TWSI intersections give no positive indication or control to the driver on the minor street as to when it is safe to leave the stop line and enter the major traffic stream. The driver must determine both when a gap in the major stream is large enough to permit safe entry and when it is the driver's turn to enter on the basis of the relative priority of the competing traffic streams. This decision-making process has been formalized into what is commonly known as gap acceptance theory. Gap acceptance theory includes three basic elements: the size and distribution (availability) of gaps in the major traffic stream, the usefulness of these gaps to the minor stream drivers, and the relative priority of the various traffic streams at the intersection.

#### Availability of Gaps

The first element to consider is the proportion of gaps of a particular size in the major traffic stream offered to the driver entering from the minor stream, as well as the pattern of arrival times of vehicles. The distribution of gaps between the vehicles in the different streams has a major effect on the performance of the intersection.

#### Usefulness of Gaps

The second element to consider is the extent to which drivers find gaps of a particular size useful when attempting to enter the intersection. It is generally assumed in gap acceptance theory that drivers are both consistent and homogeneous. In reality, this assumption is not entirely correct. Studies have demonstrated that different drivers have different gap acceptance thresholds and even that the gap acceptance threshold of an individual driver often changes over time (9). In this manual the critical gap and follow-up times are considered representative of a statistical average of the driver population in the United States.

#### Relative Priority of Various Streams at the Intersection

Different streams have different ranking in a priority hierarchy. The gap acceptance process evaluates them with impedance terms through the order of departures. Typically, gap acceptance processes assume that drivers on the major road or stream are unaffected

Critical gap is the minimum time between successive major street vehicles where minor street vehicles make a maneuver.

Follow-up time is the time span between the departure of one vehicle from the minor street and the departure of the next vehicle using the same gap.

by the minor street drivers. If this is not the case, the gap acceptance process has to be modified.

### CAPACITY OF TWSC INTERSECTIONS

At TWSC intersections, drivers on the controlled approaches are required to select gaps in the major street flow through which to execute crossing or turning maneuvers on the basis of judgment. In the presence of a queue, each driver on the controlled approach must also use some time to move into the front-of-queue position and prepare to evaluate gaps in the major street flow. Thus, the capacity of the controlled legs is based on three factors: the distribution of gaps in the major street traffic stream, driver judgment in selecting gaps through which to execute the desired maneuvers, and the follow-up time required by each driver in a queue.

The basic capacity model assumes that gaps in the conflicting stream are randomly distributed. When traffic signals on the major street are within 0.4 km of the subject intersection, flows may not be random but will likely have some platoon structure.

Pedestrians crossing an intersection impede lower-ranked minor street vehicles, but only one lane at a time. This is because vehicles performing a given through or turning movement tend to pass in front of or behind pedestrians once a driver's target lane is clear. Pedestrian flows are counted somewhat differently than are vehicle flows. If the typical pattern is for pedestrians to walk individually, each pedestrian is counted individually in the pedestrian flow. However, if pedestrians tend to cross in groups, the number of groups is counted. The important factor is to determine the number of blockages. In most cases, this will be a combination of individual pedestrians and groups of pedestrians. Thus, as defined for the purpose of determining the pedestrian impedance, the pedestrian volume is the sum of individual pedestrians crossing individually and groups of pedestrians crossing together during the analysis time period.

The existence of a raised or striped median or a two-way left-turn lane (TWLTL) on the major street often causes some degree of a gap acceptance phenomenon known as "two-stage gap acceptance." For example, the existence of a raised or striped median causes a significant proportion of the minor street drivers to first cross part of the major street approach and then pause in the middle of the road to wait for another gap in the other approach. If a TWLTL exists on the major street, the minor street left-turn vehicle usually merges into the TWLTL first, then seeks a usable gap on the other approach while slowly moving some distance along the TWLTL. Both of these behaviors can increase capacity.

The geometric elements near the stop line on the stop-controlled approaches of many intersections may result in a higher capacity than the shared-lane capacity equation may predict. This is because, at such approaches, two vehicles may occupy or depart from the stop line simultaneously as a result of a large curb radius, a tapered curb, or a parking prohibition. The magnitude of this effect will depend in part on the turning movement volumes and the resultant probability of two vehicles being simultaneously at the stop line and on the storage length available to read the second position at the stop line.

Often, two or three movements share a single lane on the minor approach. With this lane sharing, vehicles from different movements do not have simultaneous access to gaps, nor can more than one vehicle from the sharing movements use the same gap, which influences capacity.

The existence of nearby signalized intersections (i.e., if the signals on the major street within 0.4 km of the subject intersection) typically causes vehicles to arrive at the intersection in platoons. This influences the size and distribution of available gaps and may cause an increase in the minor street capacity. The greater the number of vehicles traveling in platoons, the higher the minor street capacity for a given opposing volume. This is due to the greater proportion of large gaps that more than one minor street vehicle can use. If signalized intersections exist upstream of the subject intersection in both directions, the effect is much more complex.

## PREFACE

### OVERVIEW

The procedures in this chapter can be used to analyze the capacity and level of service, lane requirements, and effects of traffic and design features of two-way stop-controlled (TWSC) and all-way stop-controlled (AWSC) intersections. In addition, a procedure for estimating capacity of roundabouts is presented.

Each type of unsignalized intersection (TWSC, AWSC, and roundabout) is addressed in a separate part of this chapter. TWSC intersections are covered in Part A, AWSC intersections are covered in Part B, and information on roundabouts is provided in Part C. References for all parts are found in Part D. Example problems that demonstrate the calculations and results achieved by applying the procedures are also found in Part D.

### LIMITATIONS OF THE METHODOLOGY

This chapter does not include a detailed method for estimating delay for yield sign-controlled intersections. However, with appropriate changes in the values of key parameters, the analysis could apply the TWSC method to yield-controlled intersections.

All of the methods are for steady-state conditions (i.e., the demand and capacity conditions are constant during the analysis period); the methods are not designed to evaluate how fast or how often the facility transitions from one demand/capacity state to another. Analysts interested in that kind of information should consider applying simulation models.

## PART A. TWO-WAY STOP-CONTROLLED INTERSECTIONS

### I. INTRODUCTION - PART A

In this section a methodology for analyzing capacity and level of service of two-way stop-controlled (TWSC) intersections is presented.

### II. METHODOLOGY - PART A

Capacity analysis at TWSC intersections depends on a clear description and understanding of the interaction of drivers on the minor or stop-controlled approach with drivers on the major street. Both gap acceptance and empirical models have been developed to describe this interaction. Procedures described in this chapter rely on a gap acceptance model developed and refined in Germany (7). The concepts from this model are described in Chapter 10. Exhibit 17-1 illustrates input to and the basic computation order of the method described in this chapter.

### LEVEL-OF-SERVICE CRITERIA

Level of service (LOS) for a TWSC intersection is determined by the computed or measured control delay and is defined for each major movement. LOS is not defined for the intersection as a whole. LOS criteria are given in Exhibit 17-2.

Background and concepts for TWSC intersections are in Chapter 10.

Both theoretical and empirical approaches have been used to arrive at a methodology.

LOS is not defined for the overall intersection.

EXHIBIT 17-1. TWSC UNSIGNALIZED INTERSECTION METHODOLOGY

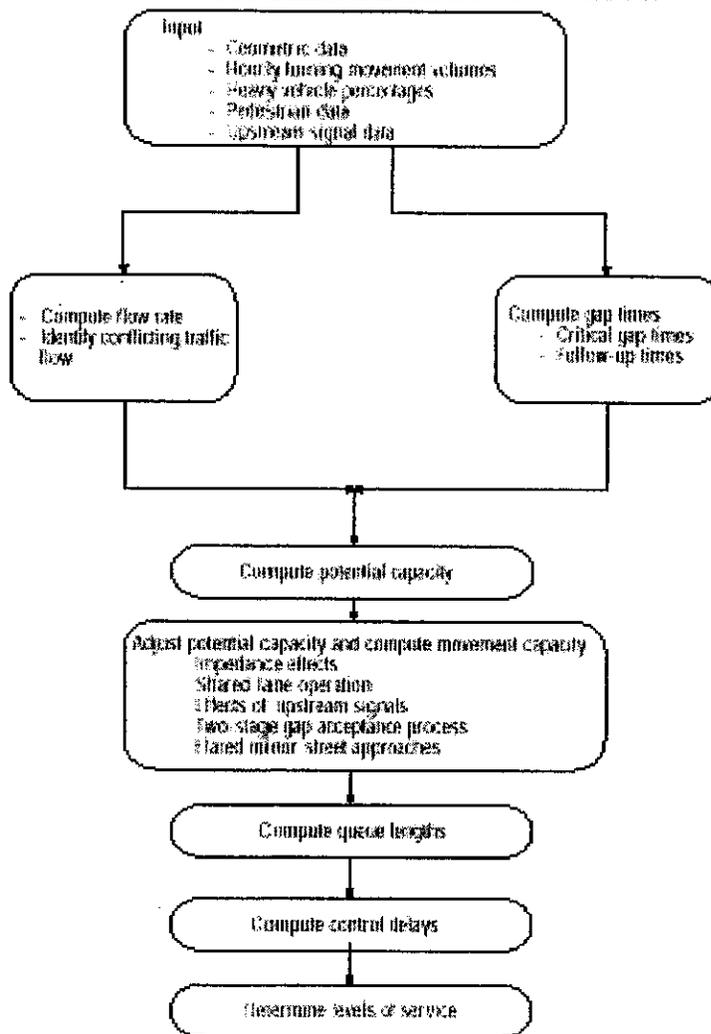


EXHIBIT 17-2. LEVEL-OF-SERVICE CRITERIA FOR TWSC INTERSECTIONS

Level of Service	Average Control Delay (s/veh)
A	0-10
B	> 10-15
C	> 15-25
D	> 25-35
E	> 35-50
F	> 50

The LOS criteria for TWSC intersections are somewhat different from the criteria used in Chapter 16 for signalized intersections primarily because different transportation facilities create different driver perceptions. The expectation is that a signalized intersection is designed to carry higher traffic volumes and experience greater delay than an unsignalized intersection.

### INPUT DATA REQUIREMENTS

Data requirements for the TWSC intersection methodology are similar to those for other capacity analysis techniques. Detailed descriptions of the geometrics, control, and volumes at the intersection are needed.

Key geometric factors include number and use of lanes, channelization, two-way left-turn lane (TWLTL) or raised or striped median storage (or both), approach grade, and existence of flared approaches on the minor street.

The number and use of lanes are critical factors. Vehicles in adjacent lanes can use the same gap in the traffic stream simultaneously (unless impeded by a conflicting user of the gap). When movements share lanes, only one vehicle from those movements can use each gap. A TWLTL or a raised or striped median (or both) allows a minor-stream vehicle to cross one major traffic stream at a time. The grade of the approach has a direct and measurable effect on the capacity of each minor movement. Compared with a level approach, downgrades increase capacity and upgrades decrease capacity. A flared approach on the minor street increases the capacity by allowing more vehicles to be served simultaneously.

Volumes must be specified by movement. For the analysis to reflect conditions during the peak 15 min, the analyst must divide the full-hour volumes by the peak-hour factor (PHF) before beginning computations. If the analyst has peak 15-min flow rates, they can be entered directly with the PHF set to 1.0. The adjusted flow rate for movement  $x$  is designated as  $v_x$  in this chapter.

By convention, subscripts 1 to 6 define vehicle movements on the major street, and subscripts 7 to 12 define movements on the minor street. Pedestrian flows impede all minor-street movements. Pedestrian volumes must be specified by movement. Subscripts 13 to 16 define the pedestrian movements.

The presence of traffic signals upstream from the intersection on the major street will produce nonrandom flows and affect the capacity of the minor-street approaches if the signal is within 0.4 km of the intersection. The basic capacity model assumes that the headways on the major street are exponentially distributed. To assess the effect on capacity, a separate analysis is provided that requires the signalized intersection data: cycle length, green time, the saturation flow rate, and information on platooned flow.

### PRIORITY OF STREAMS

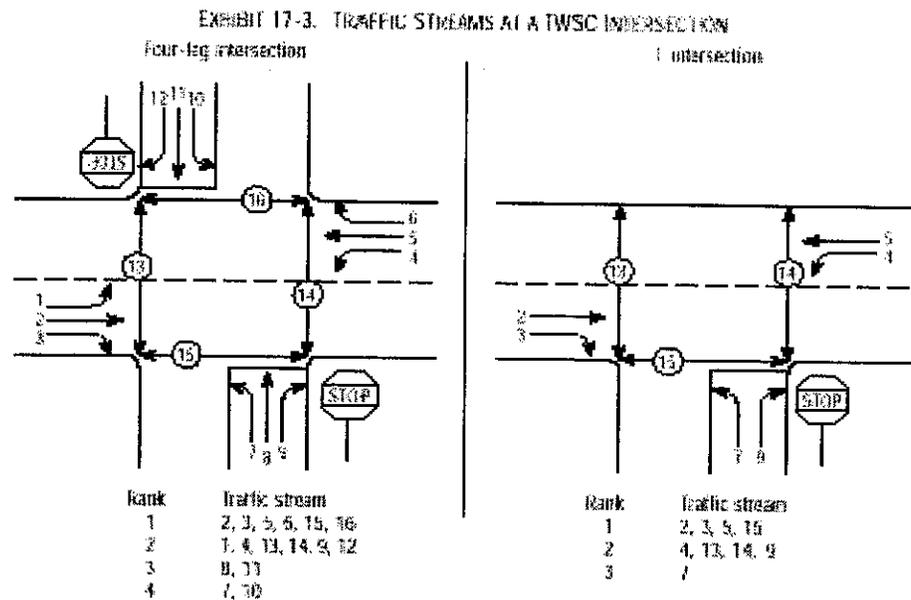
In using the methodology, the priority of right-of-way given to each traffic stream must be identified. Some streams have absolute priority, whereas others have to give way or yield to higher-order streams. Exhibit 17-3 shows the relative priority of streams at both T- and four-leg intersections.

Movements of Rank 1 (denoted by the subscript  $i$ ) include through traffic on the major street and right-turning traffic from the major street. Movements of Rank 2 (subordinate to 1 and denoted by the subscript  $j$ ) include left-turning traffic from the major street and right-turning traffic onto the major street.

Movements of Rank 3 (subordinate to 1 and 2 and denoted by the subscript  $k$ ) include through traffic on the minor street (in the case of a four-leg intersection) and left-turning traffic from the minor street (in the case of a T-intersection). Movements of Rank 4 (subordinate to all others and denoted by the subscript  $l$ ) include left-turning traffic from the minor street. Rank 4 movements only occur at four-leg intersections.

LOS thresholds differ from those for signalized intersections to reflect different driver expectations.

Rank	Subscript
1	$i$
2	$j$
3	$k$
4	$l$



For example, if a left-turning vehicle on the major street and a through vehicle from the minor street are wanting to cross the major traffic stream, the first available gap of acceptable size would be taken by the left-turning vehicle. The minor-street through vehicle must wait for the second available gap. In aggregate terms, a large number of such left-turning vehicles could use up so many of the available gaps that minor-street through vehicles would be severely impeded or unable to make safe crossing movements.

Because right-turning vehicles from the minor street merely merge into gaps in the right-hand lane of the stream into which they turn, they require only a gap in that lane, not in the entire major-street traffic flow (this may not be true for some trucks and vans with long wheelbases that encroach on more than one lane in making their turn). Furthermore, a gap in the overall major-street traffic could be used simultaneously by another vehicle. For this reason, the method assumes that right turns from the minor street do not impede any of the other flows using minor-street gaps.

Pedestrian movements also have priorities with respect to vehicular movements. While this may be a policy issue varying by jurisdiction, both the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2) and the *Manual on Uniform Traffic Control Devices* (MUTCD) (3) state that pedestrians must use acceptable gaps in major-street (Rank 1) traffic streams and that pedestrians have priority over all minor-street traffic at a TWSC intersection. Specific rankings are shown in Exhibit 17-3.

### CONFLICTING TRAFFIC

Each movement at a TWSC intersection faces a different set of conflicts that are directly related to the nature of the movement. These conflicts are shown in Exhibit 17-4, which illustrates the computation of the parameter  $v_{c,x}$ , the conflicting flow rate for movement  $x$ , that is, the total flow rate that conflicts with movement  $x$  (veh/h).

The right-turn movement from the minor street, for example, is in conflict with only the major-street through movement in the right-hand lane into which right-turners will merge. Exhibit 17-4 includes one-half of the right-turn movement from the major street, because only some of these turns tend to inhibit the subject movement.

Pedestrians are treated as movements.

Left turns from the major street are in conflict with the total opposing through and right-turn flows, because they must cross the through flow and merge with the right-turn flow. The method does not differentiate between crossing and merging conflicts. Left turns from the major street and the opposing right turns from the major street are considered to merge, regardless of the number of lanes provided in the exit roadway.

Minor-street through movements have a direct crossing or merging conflict with all movements on the major street, as indicated in Exhibit 17-4, except the right turn into the subject approach. Only one-half of this movement is included in the computation, for the reasons discussed above. In addition, field research (9) has shown that the effect of left-turn vehicles is twice their actual number. This effect is reflected in Exhibit 17-4.

The left turn from the minor street is the most difficult maneuver to execute at a TWSU intersection, and it faces the most complex set of conflicting flows, which include all major-street flows, in addition to the opposing right-turn and through movements on the minor street. Only one-half of the opposing right-turn and through movement flow rate is included as conflicting flow rate because both movements are stop-controlled and their effect on left turns is diminished. The additional capacity performance effects of the opposing right-turn and through movement flow rates are taken into account elsewhere in the procedure.

Pedestrians may also conflict with vehicular traffic streams. Pedestrian flow rates, also defined as  $v_{p,x}$  with  $x$  noting the leg of the intersection being crossed, should be included as part of the conflicting flow rates, since they, like vehicular flows, define the beginning or ending of a gap that may be used by a minor-street vehicle. Although it recognizes some peculiarities associated with pedestrian flows, this method takes a uniform approach to vehicular and pedestrian movements.

While regulations or practices may vary between jurisdictions, this methodology assumes that pedestrians crossing the subject or opposing approaches have Rank 1 status and that pedestrians crossing the two conflicting approaches to the left or right of the subject minor-street approach have Rank 2 status. The conflicting pedestrian flow rates are identified in Exhibit 17-4.

Exhibit 17-4 also identifies the conflicting flow rates for each stage of a two-stage gap acceptance process that takes place at some intersections where vehicles stop in the median area. If a two-stage gap acceptance process is not present, the conflicting flow rates shown in the rows labeled Stage I and Stage II should be added together and considered as one conflicting flow rate for the movement in question.

### CRITICAL GAP AND FOLLOW-UP TIME

The critical gap,  $t_c$ , is defined as the minimum time interval in the major-street traffic stream that allows intersection entry for one minor-street vehicle (5). Thus, the driver's critical gap is the minimum gap that would be acceptable. A particular driver would reject any gaps less than the critical gap and would accept gaps greater than or equal to the critical gap. Estimates of critical gap can be made on the basis of observations of the largest rejected and smallest accepted gap for a given intersection.

The time between the departure of one vehicle from the minor street and the departure of the next vehicle using the same major-street gap, under a condition of continuous queuing on the minor street, is called the follow-up time,  $t_f$ . Thus,  $t_f$  is the headway that defines the saturation flow rate for the approach if there were no conflicting vehicles or movements of higher rank.

In using Exhibit 17-4 to compute conflicting flow rates, the analyst should carefully consult the footnotes, which allow modifications to the equations in special cases.

Critical gap defined

Follow-up time defined

If a multiple-period analysis is selected, the analyst must carry over the residual queue from one period to the next as discussed in Chapter 18, Appendix F (Extension of Signal Delay Models to Incorporate the Effect of an Initial Queue). The analyst will have to modify or adapt these procedures in the case of unsignalized intersections. Speed, delay, and LOS can then be computed for each analysis period. The analyst must determine how to report these results, since averaging LOS across multiple analysis periods may obscure some of the results.

If a single longer analysis period is selected (such as 1 h), the analyst should use caution in performing the analysis and interpreting the results. The peak-hour factor (which normally is used to compute the peak 15-min flow rate from a 1-h volume) may have to be modified to provide the appropriate flow rate for the longer analysis period. The analyst must also recognize that LOS criteria for urban streets, signalized intersections, and unsignalized intersections were developed for a 15-min analysis period. Conditions that persist for longer periods (presumably with worse peak conditions within these periods) may no longer meet the 15-min LOS criteria provided in this manual.

### SERVICE VOLUME TABLE

Exhibit 10-7 is an example service volume table for the four urban street classes. This table is useful for estimates of how many vehicles an urban street can carry at a given level of service, for a particular class and number of lanes (per direction). It is most accurate when the defaults shown in Exhibit 10-7 are applicable. If conditions on a given street vary considerably from those used to create this table, the tabular values are not appropriate.

## III. SIGNALIZED INTERSECTIONS

The capacity of an urban street is related primarily to the signal timing and the geometric characteristics of the facility as well as to the composition of traffic on the facility. Geometrics are a fixed characteristic of a facility. Thus, while traffic composition may vary somewhat over time, the capacity of a facility is generally a stable value that can be significantly improved only by initiating geometric improvements.

At signalized intersections, the additional element of time allocation is introduced into the concept of capacity. A traffic signal essentially allocates time among conflicting traffic movements that seek to use the same space. The way in which time is allocated significantly affects the operation and the capacity of the intersection and its approaches.

In analyzing a signalized intersection, the physical unit of analysis is the lane group. A lane group consists of one or more lanes on an intersection approach. The outputs from application of the method in this manual are reported on the basis of each lane group.

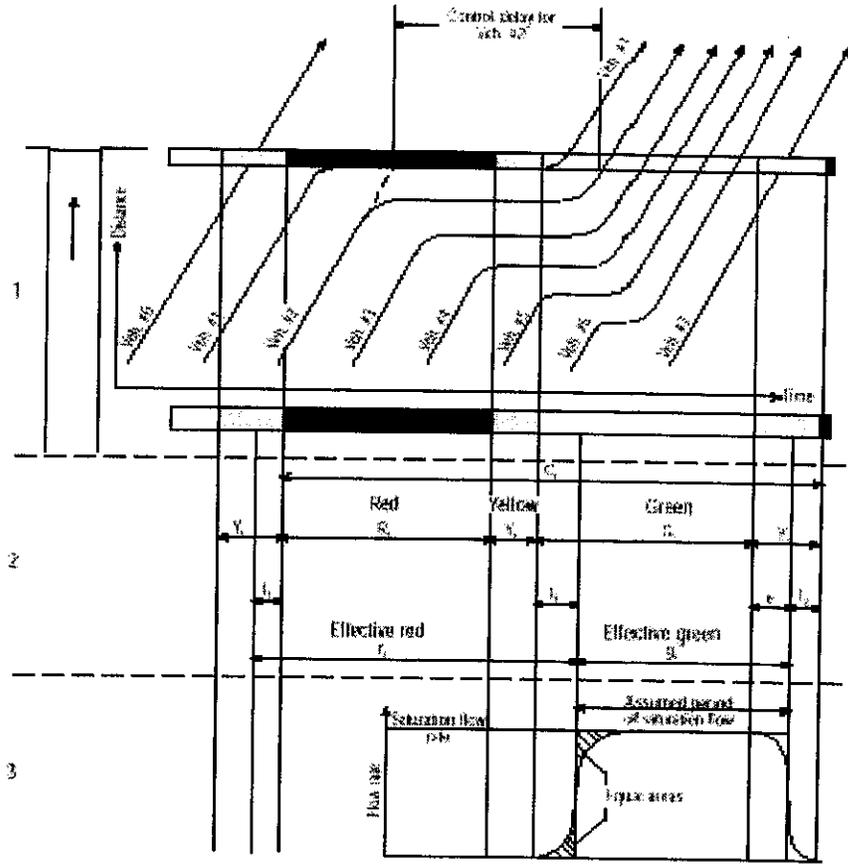
Lane group defined

### SIGNALIZED INTERSECTION FLOW CHARACTERISTICS

For a given lane group at a signalized intersection, three signal indications are displayed: green, yellow, and red. The red indication may include a short period during which all indications are red, referred to as an all-red interval, which with the yellow indication forms the change and clearance interval between two green phases.

Exhibit 10-8 provides a reference for much of the discussion in this section. It presents some fundamental attributes of flow at signalized intersections. The diagram represents a simple situation of a one-way approach to a signalized intersection having two phases in the cycle.

EXHIBIT 10-8. FUNDAMENTAL ATTRIBUTES OF FLOW AT SIGNALIZED INTERSECTIONS



The exhibit is divided into three parts. The first part shows a time-space plot of vehicles on the northbound approach to the intersection. The intervals for the signal cycle are indicated in the diagram. The second part repeats the timing intervals and labels the various time intervals of interest with the symbols used throughout this chapter. The third part is an idealized plot of flow rate passing the stop line, indicating flow saturation flow is defined. Further definitions of these variables and other basic terms are provided in Exhibit 10-9.

The signal cycle for a given lane group has two simplified components—effective green and effective red. Effective green time is the time that may be used by vehicles on the subject lane group at the saturation flow rate. Effective red time is defined as the cycle length minus the effective green time.

It is important that the relationship between the actual green, yellow, and red times shown on signal faces and the effective green and red times be understood. Each time a movement is started and stopped, two lost times are experienced. At the beginning of movement, the first several vehicles in the queue experience start-up losses that result in movement at less than the saturation flow rate (Exhibit 10-8). At the end of a movement, a portion of the change and clearance interval (yellow and all-red) is not used for vehicular movement.

Effective green defined  
Effective red defined

EXHIBIT 10-9. SYMBOLS, DEFINITIONS, AND UNITS FOR FUNDAMENTAL VARIABLES OF TRAFFIC FLOW AT SIGNALIZED INTERSECTIONS

Name	Symbol	Definition	Unit
Change and clearance interval	$Y_1$	The yellow plus all-red interval that occurs between phases of a traffic signal to provide for clearance of the intersection before conflicting movements are released	s
Clearance lost time	$l_2$	The time between signal phases during which an intersection is not used by any traffic	s
Control delay	$d_1$	The component of delay that results when a control signal causes a lane group to reduce speed or to stop; it is measured by comparison with the uncontrolled condition	s
Cycle		A complete sequence of signal indications	
Cycle length	$C_1$	The total time for a signal to complete one cycle	s
Effective green time	$g_1$	The time during which a given traffic movement or set of movements may proceed; it is equal to the cycle length minus the effective red time	s
Effective red time	$r_1$	The time during which a given traffic movement or set of movements is directed to stop; it is equal to the cycle length minus the effective green time	s
Extension of effective green time	$e$	The amount of the change and clearance interval, at the end of the phase for a lane group, that is usable for movement of its vehicles	s
Green time interval	$G_1$	The duration of the green indication for a given movement at a signalized intersection	s
Interval		A period of time in which all traffic signal indications remain constant	
Lost time	$l_1$	The time during which an intersection is not used effectively by any movement; it is the sum of clearance lost time plus start-up lost time	s
Phase		The part of the signal cycle allocated to any combination of traffic movements receiving the right-of-way simultaneously during one or more intervals	
Red time	$R_1$	The period in the signal cycle during which, for a given phase or lane group, the signal is red	s
Saturation flow rate	$s_1$	The equivalent hourly rate at which precariously queued vehicles can traverse an intersection approach under prevailing conditions, assuming that the green signal is available at all times and no lost times are experienced	veh/h
Start-up lost time	$l_2$	The additional time consumed by the first few vehicles in a queue at a signalized intersection above and beyond the saturation headway, because of the need to react to the initiation of the green phase and to accelerate	s
Total lost time	$L$	The total lost time per cycle during which the intersection is effectively not used by any movement, which occurs during the change and clearance intervals and at the beginning of most phases	s

Start-up and clearance lost times are combined and considered to occur at the start of a lane group movement.

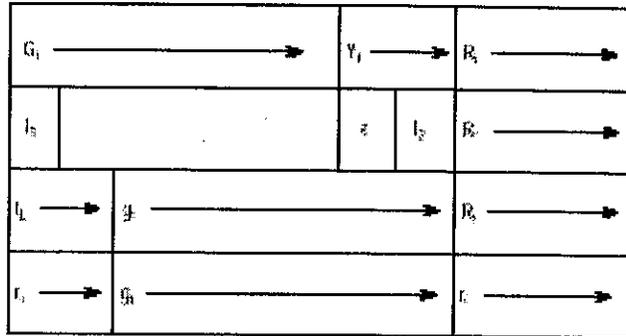
At the beginning of green, the start-up losses are called start-up lost time ( $l_1$ ). At the beginning of the yellow, when vehicles tend to continue to enter the intersection for a short period of time, an extension of effective green ( $e$ ) is experienced. When this extension of green has been exhausted, the remainder of the change and clearance interval is considered to be clearance lost time ( $l_2$ ). The lost time for a lane group,  $l_1$ , is the sum of the start-up and clearance lost times.

Research (2) has shown that start-up lost time ( $l_1$ ) is about 2 s and that the extension of effective green ( $e$ ) is about 2 s (sometimes longer under congested conditions). Thus, the relationship shown in Equation 10-1 exists for typical conditions, and the relationship

among actual green, lost time, extension of effective green, and effective green is shown in Exhibit 10-10. When  $l_1 = 2$  and  $e = 2$  (typical), then  $l_e = Y_1$ .

$$l_e = l_1 + l_2 = l_1 + Y_1 - e \tag{10-2}$$

**EXHIBIT 10-10. RELATIONSHIP AMONG ACTUAL GREEN, LOST-TIME ELEMENTS, EXTENSION OF EFFECTIVE GREEN, AND EFFECTIVE GREEN**



As shown in Exhibit 10-10, the lost time for the movement is deducted from the beginning of the actual green phase. Thus, a small portion of  $G_1$  becomes part of the effective red,  $r_1$ . This portion is equal to the lost time for the movement,  $l_1$ . Because all of the lost time for the movement is deducted at the beginning of the green, effective green can be assigned to run through the end of the yellow-plus-all-red change and clearance interval,  $Y_1$ . Thus, for any given movement, effective green time is computed by Equation 10-2 and effective red time by Equation 10-3.

$$g_e = G_1 + Y_1 - l_e \tag{10-2}$$

$$r_1 = R_1 + l_1 \tag{10-3}$$

The simplified concept of applying all of the lost time at the beginning of a movement makes it easier to analyze more complex signalization involving protected-plus-permitted left-turn phasing. As a general rule, a lost time,  $l_1$ , is applied each time a movement is started. Thus, where a given movement starts in a protected phase and continues through a permitted phase (or vice versa), only one lost time is deducted. No lost time is assumed to occur at the boundary between the permitted and protected phases for continuing movements.

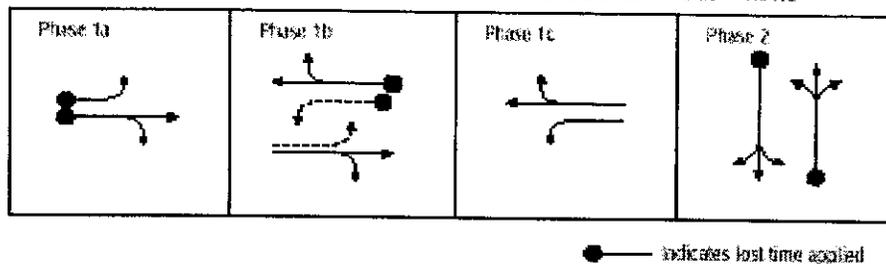
Exhibit 10-11 diagrams a more complex situation involving a protected-plus-permitted and permitted-plus-protected compound left-turn phasing, a classic lead-lag phasing scheme in which left turns are protected in Phase 1a (eastbound (EB)) and Phase 1c (westbound (WB)) and permitted during the common Phase 1b. The question of how many lost times are included in such a phase sequence is important. Using the general rule that the same lost time for a movement is applied at the time the movement begins, the following may be determined:

- In Phase 1a, the EB through and left-turn movements begin. Thus, a lost time is applied to both movements.
- In Phase 1b, the EB through and left-turn movements continue. No lost times are assigned to the continuing movements in this phase. The WB through and left-turn movements begin in this phase, and a lost time is applied to these movements.
- In Phase 1c, only the WB through and left turns continue. Because these movements did not start in this phase, no lost time is applied here. Further, because no movements begin in Phase 1c, no lost time is applied to any movement in Phase 1c.

A lost time is applied each time a movement is started

- In Phase 2, northbound (NB) and southbound (SB) movements begin, and a lost time is applied.

EXHIBIT 10-11. LOST TIME APPLICATION FOR COMPOUND LEFT-TURN PHASING



Total lost time is the sum of lost time for the path through the critical movements.

The total lost time in the signal cycle,  $L$ , is also important. This is the total lost time involved in the critical path through the signal cycle. Determining the critical path and finding  $L$  are discussed in Chapter 16.

### TRAFFIC SIGNAL CHARACTERISTICS

Modern traffic signals allocate time in a variety of ways, from the simplest two-phase pre-timed mode to the most complex multi-phase actuated mode.

There are three types of traffic signal controllers:

- **Pre-timed**, in which a sequence of phases is displayed in repetitive order. Each phase has a fixed green time and change and clearance interval that are repeated in each cycle to produce a constant cycle length.
- **Fully actuated**, in which the timing in all of the approaches to an intersection is influenced by vehicle detectors. Each phase is subject to a minimum and maximum green time, and some phases may be skipped if no demand is detected. The cycle length for fully actuated control varies from cycle to cycle.
- **Semi-actuated**, in which some approaches (typically on the minor street) have detectors and some of the approaches (typically on the major street) have no detectors.

While these equipment-based definitions have persisted in traffic engineering terminology, the evolution of traffic control technology has complicated their function from the analyst's perspective. For purposes of capacity and level-of-service analysis, it is no longer sufficient to use the controller type as a global descriptor of the intersection operation. Instead, an expanded set of these definitions must be applied individually to each lane group.

Each traffic movement may be served by a phase that is either actuated or nonactuated. Signal phases may be coordinated with neighboring signals on the same route, or they may function in an isolated mode without influence from other signals. Nonactuated phases generally operate with fixed minimum green times, which may be extended by reassigning unused green time from actuated phases with low demand, if such phases exist.

Actuated phases are subject to being shortened on cycles with low demand. On cycles with no demand, they may be skipped entirely, or they may be displayed for their minimum duration. With systems in which the nonactuated phases are coordinated, the actuated phases are also subject to early termination (force off) to accommodate the progression design for the system.

Not only the allocation of green time but also the manner in which turning movements are accommodated within the phase sequence significantly affects capacity and operations at a signalized intersection. Signal phasing can provide for protected, permitted, or not opposed turning movements.

A permitted turning movement is made through a conflicting pedestrian or bicycle flow or opposing vehicle flow. Thus, a left-turn movement concurrent with the opposing through movement is considered to be permitted, as is a right-turn movement concurrent with pedestrian crossings in a conflicting crosswalk. Protected turns are those made without these conflicts, such as turns made during an exclusive left-turn phase or a right-turn phase during which conflicting pedestrian movements are prohibited. Permitted turns experience the friction of selecting and passing through gaps in a conflicting vehicle or pedestrian flow. Thus, a single permitted turn often consumes more of the available green time than a single protected turn. Either permitted or protected turning phases may be more efficient in a given situation, depending on the turning and opposing volumes, intersection geometry, and other factors.

Turning movements that are not opposed do not receive a dedicated left-turn phase (i.e., a green arrow), but because of the nature of the intersection, they are never in conflict with through traffic. This condition occurs on one-way streets, at T-intersections, and with signal phasing plans that provide complete separation between all movements in opposite directions (i.e., split-phase operation). Such movements must be treated differently in some cases because they can be accommodated in shared lanes without impacting the through traffic. Left turns that are not opposed at any time should be distinguished from those that may be unopposed during part of the signal cycle and opposed during another part. Left turns that are opposed during any part of the sequence will impede through traffic in shared lanes.

### SATURATION FLOW RATE

Saturation flow rate is a basic parameter used to derive capacity. It is defined in Exhibits 10-8 and 10-9. It is essentially determined on the basis of the minimum headway that the lane group can sustain across the stop line as the vehicles depart the intersection. Saturation flow rate is computed for each of the lane groups established for the analysis. A saturation flow rate for prevailing conditions can be determined directly from field measurement and can be used as the rate for the site without adjustment. If a default value is selected for base saturation flow rate, it must be adjusted for a variety of factors that reflect geometric, traffic, and environmental conditions specific to the site under study.

### SIGNALIZED INTERSECTION CAPACITY

Capacity at intersections is defined for each lane group. The lane group capacity is the maximum hourly rate at which vehicles can reasonably be expected to pass through the intersection under prevailing traffic, roadway, and signalization conditions. The flow rate is generally measured or projected for a 15-min period, and capacity is stated in vehicles per hour (veh/h).

Traffic conditions include volumes on each approach, the distribution of vehicles by movement (left, through, and right), the vehicle type distribution within each movement, the location and use of bus stops within the intersection area, pedestrian crossing flows, and parking movements on approaches to the intersection. Roadway conditions include the basic geometrics of the intersection, including the number and width of lanes, grades, and lane use allocations (including parking lanes). Signalization conditions include a full definition of the signal phasing, timing, and type of control, and an evaluation of signal progression for each lane group. The analysis of capacity at signalized intersections (Chapter 16) focuses on the computation of saturation flow rates, capacities,  $v/s$  ratios, and level of service for lane groups.

### LEVEL OF SERVICE

Level of service for signalized intersections is defined in terms of control delay, which is a measure of driver discomfort, frustration, fuel consumption, and increased travel time. The delay experienced by a motorist is made up of a number of factors that

Permitted turning movement



Protected turning movement



Lane group capacity defined

Control delay is the service measure that defines LOS

Back of queue defined

Cycle failure occurs when a green phase does not serve queued vehicles, and overflow occur

relate to control, geometrics, traffic, and incidents. Total delay is the difference between the travel time actually experienced and the reference travel time that would result during base conditions; in the absence of traffic control, geometric delay, any incidents, and any other vehicles. Specifically, LOS criteria for traffic signals are stated in terms of the average control delay per vehicle, typically for a 15-min analysis period. Delay is a complex measure and depends on a number of variables, including the quality of progression, the cycle length, the green ratio, and the v/c ratio for the lane group.

The critical v/c ratio is an approximate indicator of the overall sufficiency of an intersection. The critical v/c ratio depends on the conflicting critical lane flow rates and the signal phasing. The computation of the critical v/c ratio is described in detail in Appendix A and in Chapter 16.

The average back of queue is another performance measure that is used to analyze a signalized intersection. The back of queue is the number of vehicles that are queued depending on arrival patterns of vehicles and vehicles that do not clear the intersection during a given green phase. The computation of average back of queue is explained in Appendix C of Chapter 16.

Levels of service are defined to represent reasonable ranges in control delay.

LOS A describes operations with low control delay, up to 10 s/veh. This LOS occurs when progression is extremely favorable and most vehicles arrive during the green phase. Many vehicles do not stop at all. Short cycle lengths may tend to contribute to low delay values.

LOS B describes operations with control delay greater than 10 and up to 20 s/veh. This level generally occurs with good progression, short cycle lengths, or both. More vehicles stop than with LOS A, causing higher levels of delay.

LOS C describes operations with control delay greater than 20 and up to 35 s/veh. These higher delays may result from only fair progression, longer cycle lengths, or both. Individual cycle failures may begin to appear at this level. Cycle failure occurs when a given green phase does not serve queued vehicles, and overflows occur. The number of vehicles stopping is significant at this level, though many still pass through the intersection without stopping.

LOS D describes operations with control delay greater than 35 and up to 55 s/veh. At LOS D, the influence of congestion becomes more noticeable. Longer delays may result from some combination of unfavorable progression, long cycle lengths, and high v/c ratios. Many vehicles stop, and the proportion of vehicles not stopping declines. Individual cycle failures are noticeable.

LOS E describes operations with control delay greater than 55 and up to 80 s/veh. These high delay values generally indicate poor progression, long cycle lengths, and high v/c ratios. Individual cycle failures are frequent.

LOS F describes operations with control delay in excess of 80 s/veh. This level, considered unacceptable to most drivers, often occurs with oversaturation, that is, when arrival flow rates exceed the capacity of lane groups. It may also occur at high v/c ratios with many individual cycle failures. Poor progression and long cycle lengths may also contribute significantly to high delay levels.

Delays in the range of LOS E (unacceptable) can occur while the v/c ratio is below 1.0. Very high delays can occur at such v/c ratios when some combination of the following conditions exists: the cycle length is long, the lane group in question is adversely impacted by the signal timing (has a long red time), and the signal progression for the subject movements is poor. The reverse is also possible (for a limited duration, a saturated lane group (i.e., v/c ratio greater than 1.0) may have low delays if the cycle length is short or the signal progression is favorable, or both).

Thus, the designation LOS F does not automatically imply that the intersection, approach, or lane group is over capacity, nor does an LOS better than E automatically imply that unused capacity is available.

## I. INTRODUCTION

### SCOPE OF THE METHODOLOGY

This chapter contains a methodology for analyzing the capacity and level of service (LOS) of signalized intersections. The analysis must consider a wide variety of prevailing conditions, including the amount and distribution of traffic movements, traffic composition, geometric characteristics, and details of intersection signalization. The methodology focuses on the determination of LOS for known or projected conditions.

The methodology addresses the capacity, LOS, and other performance measures for lane groups and intersection approaches and the LOS for the intersection as a whole. Capacity is evaluated in terms of the ratio of demand flow rate to capacity (cycle ratio), whereas LOS is evaluated on the basis of control delay per vehicle (in seconds per vehicle). Control delay is the portion of the total delay attributed to traffic signal operation for signalized intersections. Control delay includes initial deceleration delay, queue move-up time, stopped delay, and final acceleration delay. Appendix A presents a method for observing intersection control delay in the field. Exhibit 10-9 provides definitions of the basic terms used in this chapter.

Each lane group is analyzed separately. Equations in this chapter use the subscript  $i$  to indicate each lane group. The capacity of the intersection as a whole is not addressed because both the design and the signalization of intersections focus on the accommodation of traffic movement on approaches to the intersection.

The capacity analysis methodology for signalized intersections is based on known or projected signalization plans. Two procedures are available to assist the analyst in establishing signalization plans. The first is the quick estimation method, which produces estimates of the cycle length and green times that can be considered to constitute a reasonable and effective signal timing plan. The quick estimation method requires minimal field data and relies instead on default values for the required traffic and control parameters. It is described and documented in Chapter 10.

A more detailed procedure is provided in Appendix B of this chapter for estimating the timing plan at both pretimed and traffic-sensored signals. The procedure for pretimed signals provides the basis for the design of signal timing plans that equalize the degree of saturation on the critical approaches for each phase of the signal sequence. This procedure does not, however, provide for optimal operation.

The methodology in this chapter is based in part on the results of a National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) study (1, 2). Critical movement capacity analysis techniques have been developed in the United States (3-5), Australia (6), Great Britain (7), and Sweden (8). Background for delay estimation procedures was developed in Great Britain (7), Australia (9, 10), and the United States (11). Updates to the original methodology were developed subsequently (12-20).

### LIMITATIONS TO THE METHODOLOGY

The methodology does not take into account the potential impact of downstream congestion on intersection operation. Nor does the methodology detect and adjust for the impacts of turn-pocket overflows on through traffic and intersection operation.

## II. METHODOLOGY

Exhibit 10-1 shows the logic and the basic computation order for the method. The primary output of the method is level of service (LOS). This methodology covers a wide range of operational configurations, including combinations of phase plans, lane

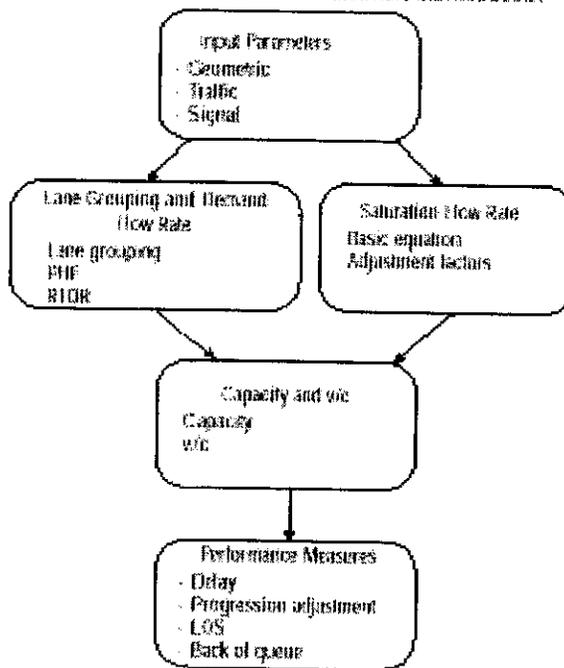
Background and underlying concepts for this chapter are in Chapter 10.

A lane group is indicated in formulas by the subscript  $i$ .

See Chapter 10 for description of quick estimation method.

alization, and left-turn treatment alternatives. It is important to note that some of these configurations may be considered unacceptable by some operating agencies from a traffic safety point of view. The safety aspect of signalized intersections cannot be ignored, and the provision in this chapter of a capacity and LOS analysis methodology for a specific operational configuration does not imply an endorsement of the suitability for application of such a configuration.

EXHIBIT 16-1. SIGNALIZED INTERSECTION METHODOLOGY



**LOS**

The average control delay per vehicle is estimated for each lane group and aggregated for each approach and for the intersection as a whole. LOS is directly related to the control delay value. The criteria are listed in Exhibit 16-2.

LOS criteria

EXHIBIT 16-2. LOS CRITERIA FOR SIGNALIZED INTERSECTIONS

LOS	Control Delay per Vehicle (s/veh)
A	≤ 10
B	> 10–20
C	> 20–35
D	> 35–55
E	> 55–80
F	> 80

## I. INTRODUCTION

In this chapter, capacity and quality of service concepts for urban streets are introduced. The term "urban streets," as used in this manual, refers to urban arterials and collectors, including those in downtown areas. Methodologies found in Chapter 15 (Urban Streets), Chapter 16 (Signalized Intersections), and Chapter 17 (Unsignalized Intersections) can be used in conjunction with this chapter.

## II. URBAN STREETS

In the hierarchy of street transportation facilities, urban streets (including arterials and collectors) are ranked between local streets and multilane suburban and rural highways. The difference is determined principally by street function, control conditions, and the character and intensity of roadside development.

Arterial streets are roads that primarily serve longer through trips. However, providing access to abutting commercial and residential land uses is also an important function of arterials. Collector streets provide both land access and traffic circulation within residential, commercial, and industrial areas. Their access function is more important than that of arterials, and unlike arterials their operation is not always dominated by traffic signals.

Downtown streets are signalized facilities that often resemble arterials. They not only move through traffic but also provide access to local businesses for passenger cars, transit buses, and trucks. Turning movements at downtown intersections are often greater than 20 percent of total traffic volume because downtown flow typically involves a substantial amount of circulatory traffic.

Pedestrian conflicts and lane obstructions created by stopping or standing taxicabs, buses, trucks, and parking vehicles that cause turbulence in the traffic flow are typical of downtown streets. Downtown street function may change with the time of day; some downtown streets are converted to arterial-type operation during peak traffic hours.

Multilane suburban and rural highways differ from urban streets in the following ways: roadside development is not as intense, density of traffic access points is not as high, and signalized intersections are more than 3.0 km apart. These conditions result in a smaller number of traffic conflicts, smoother flow, and dissipation of the platoon structure associated with traffic flow on an arterial or collector with traffic signals.

The urban streets methodology described in this chapter and in Chapter 15 can be used to assess the mobility function of the urban street. The degree of mobility provided is assessed in terms of travel speed for the through-traffic stream. A street's access function is not assessed by this methodology. The level of access provided by a street should also be considered in evaluating its performance, especially if the street is intended to provide such access. Oftentimes, factors that favor mobility reflect minimal levels of access and vice versa.

The functional classification of an urban street is the type of traffic service the street provides. Within the functional classification, the arterial is further classified by its design category. Illustrations 10-1 through 10-4 show typical examples of four design categories that are described in the following sections.

Functional class defined



ILLUSTRATION 10-4. Typical urban design.

### FLOW CHARACTERISTICS

The speed of vehicles on urban streets is influenced by three main factors: street environment, interaction among vehicles, and traffic control. As a result, these factors also affect quality of service.

The street environment includes the geometric characteristics of the facility, the character of roadside activity, and adjacent land uses. Thus, the environment reflects the number and width of lanes, type of median, driveway access-point density, spacing between signalized intersections, existence of parking, level of pedestrian activity, and speed limit.

The interaction among vehicles is determined by traffic density, the proportion of trucks and buses, and turning movements. This interaction affects the operation of vehicles at intersections and, to a lesser extent, between signals.

Traffic control (including signals and signs) forces a portion of all vehicles to slow or stop. The delays and speed changes caused by traffic control devices reduce vehicle speeds; however, such controls are needed to establish right-of-way.

#### Free-Flow Speed

The street environment affects the driver's speed choice. When vehicle interaction and traffic control are not factors, the speed chosen by the average driver is referred to as the free-flow speed (FFS). FFS is the average speed of the traffic stream when traffic volumes are sufficiently low that drivers are not influenced by the presence of other vehicles and when intersection traffic control (i.e., signal or sign) is not present or is sufficiently distant as to have no effect on speed choice. As a consequence, FFS is typically observed along midblock portions of the urban street segment.

#### Running Speed

A driver can seldom travel at the FFS. Most of the time, the presence of other vehicles restricts the speed of a vehicle in motion because of differences in speeds among drivers or because downstream vehicles are accelerating from a stop and have not yet reached FFS. As a result, vehicle speeds tend to be lower than the FFS during moderate to high-volume conditions.

One speed characteristic that captures the effect of interaction among vehicles is the average running speed. This speed is computed as the length of the segment divided by the average running time. The running time is the time taken to traverse the street segment, less any stop-time delay.

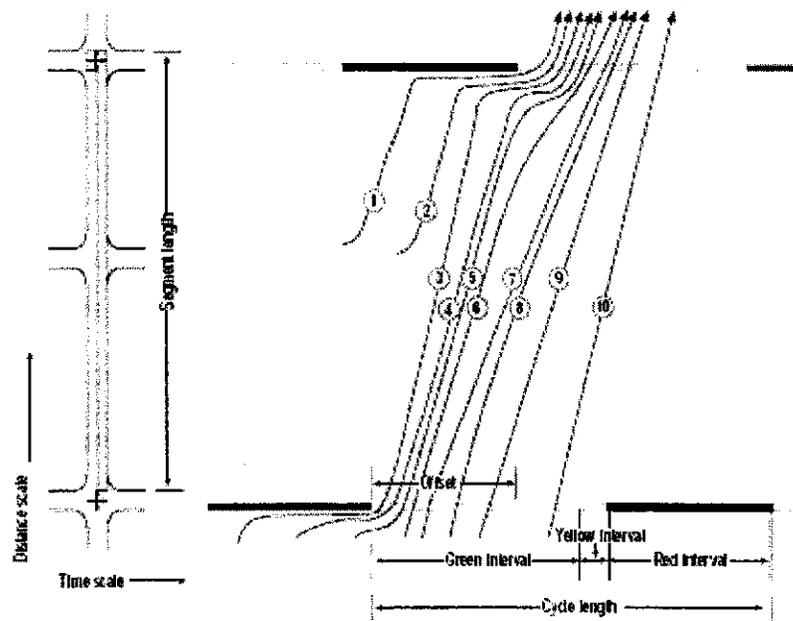
### Travel Speed

The presence of traffic control on a street segment tends to reduce vehicle speeds below the average running speed. A speed characteristic that captures the effect of traffic control is average travel speed. This speed is computed as the length of segment divided by the average travel time. The travel time is the time taken to traverse the street segment, inclusive of any stop-time delay.

### Time-Space Trajectory

Exhibit 10-1 shows simplified time-space trajectories of representative vehicles along one lane of an urban street. The slope of each line reflects the corresponding vehicle speed at a given time. Steeper slopes represent higher speeds; horizontal slopes represent stopped vehicles.

EXHIBIT 10-1. TYPICAL SPEED PROFILES OF VEHICLES ON URBAN STREETS



Vehicles 1 and 2 entered the street from side streets, while the other vehicles were discharged from the upstream signal. Vehicles 1, 2, and 3 arrived at the downstream signal during the red interval and had to stop. Vehicle 4 could have arrived at the stop line on the green but had to stop because it was blocked by Vehicle 3, which was not yet in motion.

Vehicles 5, 6, and 7 did not stop but had to reduce their speeds because they were affected by the stoppage caused by the signal. Vehicle 8 was slowed by Vehicle 7. The speeds of Vehicles 9 and 10 were not affected by the presence of other vehicles or the downstream traffic control.

### LEVELS OF SERVICE

The average travel speed for through vehicles along an urban street is the determinant of the operating level of service (LOS). The travel speed along a segment, section, or entire length of an urban street is dependent on the running speed between

signalized intersections and the amount of control delay incurred at signalized intersections.

Urban street LOS is based on average through-vehicle travel speed for the segment, section, or entire urban street under consideration. The following general statements characterize LOS along urban streets. Refer to Exhibit 15-2 for speed ranges for each LOS.

LOS A describes primarily free-flow operations at average travel speeds, usually about 90 percent of the FFS for the given street class. Vehicles are completely unimpeded in their ability to maneuver within the traffic stream. Control delay at signalized intersections is minimal.

LOS B describes reasonably unimpeded operations at average travel speeds, usually about 70 percent of the FFS for the street class. The ability to maneuver within the traffic stream is only slightly restricted, and control delays at signalized intersections are not significant.

LOS C describes stable operations; however, ability to maneuver and change lanes in midblock locations may be more restricted than at LOS B, and longer queues, advance signal coordination, or both may contribute to lower average travel speeds of about 50 percent of the FFS for the street class.

LOS D borders on a range in which small increases in flow may cause substantial increases in delay and decreases in travel speed. LOS D may be due to adverse signal progression, inappropriate signal timing, high volumes, or a combination of these factors. Average travel speeds are about 40 percent of FFS.

LOS E is characterized by significant delays and average travel speeds of 33 percent or less of the FFS. Such operations are caused by a combination of adverse progression, high signal density, high volumes, extensive delays at critical intersections, and inappropriate signal timing.

LOS F is characterized by urban street flow at extremely low speeds, typically one-third to one-fourth of the FFS. Intersection congestion is likely at critical signalized locations, with high delays, high volumes, and extensive queuing.

LOS is based on average through-vehicle travel speed for the urban street segment

#### REQUIRED INPUT DATA AND ESTIMATED VALUES

Estimating speed, delay, and LOS for an urban street or an intersection requires geometric data and demand data. Signal control data will be discussed in the signalized intersections section. Exhibit 10-2 gives default values for input parameters in the absence of local data.

EXHIBIT 10-2. REQUIRED INPUT DATA FOR URBAN STREETS

Item	Default
Geometric Data	
Urban street class	Exhibits 10-3, 10-4
Length	-
Free-flow speed	Exhibit 10-5
Intersection Control Data	
Signal density	Exhibit 10-6
Intersection delay	See Section III of this chapter

The analyst should note that taking field measurements for use as input to an analysis is the most reliable way to generate parameter values. Default values should be considered only when this is not feasible.

#### Urban Street Class

The urban street classification system is somewhat different from that used by the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (1).

AASHTO's functional classes are based on travel volume, mileage, and the characteristic of service the urban street is intended to provide. The analysis method in this manual makes use of the AASHTO distinction between principal arterial and minor arterial. But a second classification step is used herein to determine the appropriate design category for the arterial. The design category depends on the posted speed limit, signal density, driveway/access-point density, and other design features. The third step is to determine the appropriate urban street class on the basis of a combination of functional category and design category. Exhibits 10-3 and 10-4 are useful for establishing urban street class.

Four urban street classes are defined in this manual. The classes are designated by number (i.e., I, II, III, and IV) and reflect unique combinations of street function and design, as shown in Exhibit 10-3. The functional component is separated into two categories: principal arterial and minor arterial. The design component is separated into four categories: high-speed, suburban, intermediate, and urban. The characteristics associated with each category are described in the remainder of this section. Exhibit 10-4 summarizes these characteristics.

EXHIBIT 10-3. URBAN STREET CLASS BASED ON FUNCTIONAL AND DESIGN CATEGORIES

Design Category	Functional Category	
	Principal Arterial	Minor Arterial
High-Speed	I	N/A
Suburban	II	II
Intermediate	II	III or IV
Urban	III or IV	IV

EXHIBIT 10-4. FUNCTIONAL AND DESIGN CATEGORIES

Criterion	Functional Category	
	Principal Arterial	Minor Arterial
Mobility function	Very important	Important
Access function	Very minor	Substantial
Points connected	Freeways, important activity centers, major traffic generators	Principal arterials
Predominant trips served	Relatively long trips between major points and through-trips entering, leaving, and passing through the city	Trips of moderate length within relatively small geographical areas

Criterion	Design Category			
	High-Speed	Suburban	Intermediate	Urban
Driveway/access density	Very low density	Low density	Moderate density	High density
Arterial type	Multilane divided; undivided or two-lane with shoulders	Multilane divided; undivided or two-lane with shoulders	Multilane divided or undivided; one-way, two-lane	Undivided one-way, two-way, two or more lanes
Parking	No	No	Some	Significant
Separate left-turn lanes	Yes	Yes	Usually	Some
Signals/km	0.3-1.2	0.6-3.0	2-6	4-8
Speed limit	75-90 km/h	65-75 km/h	50-65 km/h	40-55 km/h
Pedestrian activity	Very little	Little	Some	Usually
Roadside development	Low density	Low to medium density	Medium to moderate density	High density

A principal arterial serves major through movements between important centers of activity in a metropolitan area and a substantial portion of trips entering and leaving the

area. It also connects freeways with major traffic generators. In smaller cities (population under 50,000), its importance is derived from the service provided to traffic passing through the urban area. Service to abutting land is subordinate to the function of moving through traffic.

A minor arterial connects and augments the principal arterial system. Although its main function is traffic mobility, it performs this function at a lower level and places more emphasis on land access than does the principal arterial. A system of minor arterials serves trips of moderate length and distributes travel to geographical areas smaller than those served by the principal arterial.

The urban street is further classified by its design category. Exhibit 10-3 shows urban street classes based on functional and design categories.

High-speed design represents an urban street with a very low driveway/access-point density, separate left-turn lanes, and no parking. It may be multilane divided or undivided or a two-lane facility with shoulders. Signals are infrequent and spaced at long distances. Roadside development is low density, and the speed limit is typically 75 to 90 km/h. This design category includes many urban streets in suburban settings.

Suburban design represents a street with a low driveway/access-point density, separate left-turn lanes, and no parking. It may be multilane divided or undivided or a two-lane facility with shoulders. Signals are spaced for good progressive movement (up to three signals per kilometer). Roadside development is low to medium density, and speed limits are usually 65 to 75 km/h.

Intermediate design represents an urban street with a moderate driveway/access-point density. It may be a multilane divided, an undivided one-way, or a two-lane facility. It may have some separate or continuous left-turn lanes and some portions where parking is permitted. It has a higher density of roadside development than the typical suburban design and usually has two to six signals per kilometer. Speed limits are typically 50 to 65 km/h.

Urban design represents an urban street with a high driveway/access-point density. It frequently is an undivided one-way or two-way facility with two or more lanes. Parking is usually permitted. Generally, there are few separate left-turn lanes, and some pedestrian interference is present. It commonly has four to eight signals per kilometer. Roadside development is dense with commercial uses. Speed limits range from 40 to 55 km/h.

In addition to the above definitions, Exhibit 10-4 can be used as an aid in the determination of functional and design categories. Once the functional and design categories have been determined, the urban street classification may be established by referring to Exhibit 10-3.

In practice, there are sometimes ambiguities in determining the proper categories. The measurement or estimation of the free-flow speed is a great aid in this determination, because each urban street class has a characteristic range of free-flow speeds, as shown in Chapter 15.

**Length**

The portion of the urban street being analyzed should be at least 1.5 km long in a downtown area and 3.0 km long elsewhere for the LOS speed criteria to be meaningful. Study lengths shorter than 1.5 km should be analyzed as individual intersections and the LOS assessed according to individual intersection criteria.

**Free-Flow Speed**

The free-flow speed is used to determine the urban street class and to estimate the segment running time. If FFS cannot be measured in the field, the analyst should attempt to take measurements on a similar facility in the same area or should resort to established local policies. Lacking any of these options, the analyst might rely on the posted speed limit (or some value around that limit) or on default values in this manual.

High-speed design defined

Suburban design defined

Intermediate design defined

Urban design defined

Measure free-flow speed as far as possible from nearest signal or stop-controlled intersection and at flows < 200 veh/h/m

Free-flow speed on an urban street is the speed that a vehicle travels under low-volume conditions when all the signals on the urban street are green for the entire trip. Thus, all delay at signalized intersections, even under low flow conditions, is excluded from the computation of urban street FFS. The best location to measure urban street FFS is midblock and as far as possible from the nearest signalized or stop-controlled intersection. This measurement should be made under low flow conditions (less than 200 veh/h/ln). Exhibit 10-5 gives default FFS by urban street class for use in the absence of local data.

EXHIBIT 10-5. FREE-FLOW SPEED BY URBAN STREET CLASS

Urban Street Class	Default (km/h)
I	80
II	65
III	55
IV	45

### Signal Density

Signal density defined

Signal density is the number of signalized intersections in the study portion of the urban street divided by its length. If signalized intersections are used to define both the beginning and the ending points of the study portion of the urban street, then the number of signals in the study portion should be reduced by one in computing the signal density. Exhibit 10-6 gives defaults by urban street class that may be used in the absence of local data.

EXHIBIT 10-6. SIGNAL DENSITY BY URBAN STREET CLASS

Urban Street Class	Default (signals/km)
I	0.5
II	2
III	4
IV	6

### Peak-Hour Factor

In the absence of field measurements of peak-hour factor (PHF), approximations can be used. For congested conditions, 0.92 is a reasonable approximation for PHF. For conditions in which there is fairly uniform flow throughout the peak hour but a recognizable peak does occur, 0.88 is a reasonable estimate for PHF.

### Length of Analysis Period

The analytical procedures for estimating speed for an urban street depend on the estimation of delay for the signalized and unsignalized intersections on the street. The delay equations for signalized and unsignalized intersections are most accurate when the demand is less than capacity for the selected analysis period. If the demand exceeds capacity, the intersection delay equations will estimate the delay for all vehicles arriving during the analysis period but will not determine the effect of the excess demand (the residual queue for the next period) on the vehicles arriving during the next analysis period.

The typical analysis period is 15 min. However, if demand creates a residual queue for the 15-min analysis period (i.e.,  $v/c$  greater than 1.00), the analyst should consider the use of multiple analysis periods or a single longer analysis period to improve the delay estimate.

If a multiple-period analysis is selected, the analyst must carry over the residual queue from one period to the next as discussed in Chapter 16, Appendix F (Extension of Signal Delay Models to Incorporate the Effect of an Initial Queue). The analyst will have to modify or adapt these procedures in the case of unsignalized intersections. Speed, delay, and LOS can then be computed for each analysis period. The analyst must determine how to report these results, since averaging LOS across multiple analysis periods may obscure some of the results.

If a single longer analysis period is selected (such as 1 h), the analyst should use caution in performing the analysis and interpreting the results. The peak-hour factor (which normally is used to compute the peak 15-min flow rate from a 1-h volume) may have to be modified to provide the appropriate flow rate for the longer analysis period. The analyst must also recognize that LOS criteria for urban streets, signalized intersections, and unsignalized intersections were developed for a 15-min analysis period. Conditions that persist for longer periods (presumably with worse peak conditions within those periods) may no longer meet the 15-min LOS criteria provided in this manual.

### SERVICE VOLUME TABLE

Exhibit 10-7 is an example service volume table for the four urban street classes. This table is useful for estimates of how many vehicles an urban street can carry at a given level of service, for a particular class and number of lanes (per direction). It is most accurate when the defaults shown in Exhibit 10-7 are applicable. If conditions on a given street vary considerably from those used to create this table, the tabular values are not appropriate.

### III. SIGNALIZED INTERSECTIONS

The capacity of an urban street is related primarily to the signal timing and the geometric characteristics of the facility as well as to the composition of traffic on the facility. Geometrics are a fixed characteristic of a facility. Thus, while traffic composition may vary somewhat over time, the capacity of a facility is generally a stable value that can be significantly improved only by initiating geometric improvements.

At signalized intersections, the additional element of time allocation is introduced into the concept of capacity. A traffic signal essentially allocates time among conflicting traffic movements that seek to use the same space. The way in which time is allocated significantly affects the operation and the capacity of the intersection and its approaches.

In analyzing a signalized intersection, the physical unit of analysis is the lane group. A lane group consists of one or more lanes on an intersection approach. The outputs from application of the method in this manual are reported on the basis of each lane group.

Lane group defined

### SIGNALIZED INTERSECTION FLOW CHARACTERISTICS

For a given lane group at a signalized intersection, three signal indications are displayed: green, yellow, and red. The red indication may include a short period during which all indications are red, referred to as an all-red interval, which with the yellow indication forms the change and clearance interval between two green phases.

Exhibit 10-8 provides a reference for much of the discussion in this section. It presents some fundamental attributes of flow at signalized intersections. The diagram represents a simple situation of a one-way approach to a signalized intersection having two phases in the cycle.

## I. INTRODUCTION

Three basic variables—volume or flow rate, speed, and density—can be used to describe traffic on any roadway. In this manual, volume or traffic flow is a parameter common to both uninterrupted- and interrupted-flow facilities, but speed and density apply primarily to uninterrupted flow. Some parameters related to flow rate, such as spacing and headway, also are used for both types of facilities; other parameters, such as saturation flow or gap, are specific to interrupted flow.

## II. UNINTERRUPTED FLOW

### VOLUME AND FLOW RATE

Volume and flow rate are two measures that quantify the amount of traffic passing a point on a lane or roadway during a given time interval. These terms are defined as follows:

- **Volume**—the total number of vehicles that pass over a given point or section of a lane or roadway during a given time interval; volumes can be expressed in terms of annual, daily, hourly, or subhourly periods.
- **Flow rate**—the equivalent hourly rate at which vehicles pass over a given point or section of a lane or roadway during a given time interval of less than 1 h, usually 15 min. Volume and flow are variables that quantify demand, that is, the number of vehicle occupants or drivers (usually expressed as the number of vehicles) who desire to use a given facility during a specific time period. Congestion can influence demand, and observed volumes sometimes reflect capacity constraints rather than true demand.

The distinction between volume and flow rate is important. Volume is the number of vehicles observed or predicted to pass a point during a time interval. Flow rate represents the number of vehicles passing a point during a time interval less than 1 h, but expressed as an equivalent hourly rate. A flow rate is the number of vehicles observed in a subhourly period, divided by the time (in hours) of the observation. For example, a volume of 100 vehicles observed in a 15-min period implies a flow rate of 100 veh/0.25 h or 400 veh/h.

Volume and flow rate can be illustrated by the volumes observed for four consecutive 15-min periods. The four counts are 1,000, 1,200, 1,100, and 1,000. The total volume for the hour is the sum of these counts, or 4,300 veh. The flow rate, however, varies for each 15-min period. During the 15-min period of maximum flow, the flow rate is 1,200 veh/0.25 h, or 4,800 veh/h. Note that 4,800 vehicles do not pass the observation point during the study hour, but they do pass at that rate for 15 min.

Consideration of peak flow rates is important in capacity analysis. If the capacity of the segment of highway studied is 4,500 veh/h, capacity would be exceeded during the peak 15-min period of flow, when vehicles arrive at a rate of 4,800 veh/h, even though volume is less than capacity during the full hour. This is a serious problem, because dissipating a breakdown of capacity can extend congestion for up to several hours.

Peak flow rates and hourly volumes produce the peak-hour factor (PHF), the ratio of total hourly volume to the peak flow rate within the hour, computed by Equation 7-1:

$$PHF = \frac{\text{Hourly volume}}{\text{Peak flow rate (within the hour)}} \quad (7-1)$$

If 15-min periods are used, the PHF may be computed by Equation 7-2:

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{15}} \quad (7-2)$$

Basic concepts for uninterrupted-flow facilities: volume, flow rate, speed, density, headway, and capacity

Calculating a peak-hour factor

where

- $PHF$  = peak-hour factor,  
 $V$  = hourly volume (veh/h), and  
 $V_{15}$  = volume during the peak 15 min of the peak hour (veh/15 min).

When the PHF is known, it can convert a peak-hour volume to a peak flow rate, as in Equation 7-3:

$$v = \frac{V}{PHF} \quad (7-3)$$

where

- $v$  = flow rate for a peak 15-min period (veh/min),  
 $V$  = peak-hour volume (veh/h), and  
 $PHF$  = peak-hour factor.

Equation 7-3 does not need to be used to estimate peak flow rates if traffic counts are available; however, the chosen count interval must identify the maximum 15-min flow period. The rate then can be compared directly as 4 times the maximum 15-min count. When flow rates in terms of vehicles are known, a conversion to a flow rate in terms of passenger car equivalents (pc/e) can be computed using the PHF and the heavy vehicle factor.

### SPEED

Although traffic volumes provide a method of quantifying capacity values, speed (or its reciprocal of travel time) is an important measure of the quality of the traffic service provided to the motorist. It is an important measure of effectiveness defining levels of service for many types of facilities, such as rural two-lane highways, urban streets, freeway weaving segments, and others.

Speed parameters

Speed is defined as a rate of motion expressed as distance per unit of time, generally as kilometers per hour (km/h). In characterizing the speed of a traffic stream, a representative value must be used, because a broad distribution of individual speeds is observable in the traffic stream. In this manual, average travel speed is used as the speed measure because it is easily computed from observation of individual vehicles within the traffic stream and is the most statistically relevant measure in relationships with other variables. Average travel speed is computed by dividing the length of the highway, street, section, or segment under consideration by the average travel time of the vehicles traversing it. If travel times  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  (in hours) are measured for  $n$  vehicles traversing a segment of length  $L$ , the average travel speed is computed using Equation 7-4.

$$S = \frac{nL}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{L}{t_d} \quad (7-4)$$

where

- $S$  = average travel speed (km/h),  
 $L$  = length of the highway segment (km),  
 $t_i$  = travel time of the  $i$ th vehicle to traverse the section (h),  
 $n$  = number of travel times observed, and  
 $t_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$  = average travel time over  $L$  (h).

The travel times in this computation include stopped delays due to fixed interruptions or traffic congestion. They are total travel times to traverse the defined roadway length.

Several different speed parameters can be applied to a traffic stream. These include the following:

vehicles on the roadway that has the right-of-way at an unsignalized intersection. Gap acceptance describes the completion of a vehicle's movement into a gap.

The capacity of a minor street approach depends on two factors:

- The distribution of available gaps in the major-street traffic stream, and
- The gap sizes required by minor-street drivers to execute their desired movements.

The distribution of available gaps in the major-street traffic stream depends on the total volume on the street, its directional distribution, the number of lanes on the major street, and the degree and type of platooning in the traffic stream. The gap sizes required by the minor-street drivers depend on the type of maneuver (left, through, right), the number of lanes on the major street, the speed of major-street traffic, sight distances, the length of time the minor-street vehicle has been waiting, and driver characteristics (eyesight, reaction time, age, etc.). The critical gap is the minimum time interval between the front bumpers of two successive vehicles in the major traffic stream that will allow the entry of one minor-street vehicle. When more than one minor-street vehicle uses one major-street gap, the time headway between the two minor-street vehicles is called follow-up time. In general, the follow-up time is shorter than the critical gap.

Roundabouts operate similarly to two-way stop-controlled intersections. In roundabouts, however, entering drivers scan only one stream of traffic—the circulating stream—for an acceptable gap.

At an all-way stop-controlled intersection, all drivers must come to a complete stop. The decision to proceed is based in part on the rules of the road, which suggest that the driver on the right has the right-of-way; it also is a function of the traffic condition on the other approaches. The departure headway for the subject approach is defined as the time between the departure of one vehicle and that of the next behind it. A departure headway is considered a saturation headway if the second vehicle stops behind the first at the stop line. If there is traffic on one approach only, vehicles can depart as rapidly as the drivers can safely accelerate into and clear the intersection. If traffic is present on other approaches, the saturation headway on the subject approach will increase, depending on the degree of conflict between vehicles.

As at signalized intersections, the front axles of two consecutive vehicles are the reference points for determining the saturation headways of the vehicles departing from the stop line of two-way and all-way stop-controlled intersection approaches. In measuring the unobstructed flow of vehicles on the major roadway at a two-way stop-controlled intersection, the reference points normally are the front bumpers.

## SPEED

For interrupted-flow conditions, delay rather than speed is the primary measure of operations. However, speed measures similar to those for uninterrupted flow are helpful in determining the added travel time due to deceleration, movement in queues, and acceleration of vehicles passing through an intersection.

## DELAY

Delay is a critical performance measure on interrupted-flow facilities. There are several types of delay, but in this manual, control delay is the principal service measure for evaluating LOS at signalized and unsignalized intersections. Although the definition of control delay is the same for signalized and unsignalized intersections, its application, including LOS threshold values, differs.

Control delay involves movements at slower speeds and stops on intersection approaches, as vehicles move up in the queue or slow down upstream of an intersection. Drivers frequently reduce speed when a downstream signal is red or there is a queue at the downstream intersection approach. Control delay requires the determination of a realistic average speed for each roadway segment. Any estimate of the average travel speed on urban streets implies the effects of control delay.

Critical gap and gap acceptance

Control delay

Computing saturation  
flow rate and lost time

At two-way stop-controlled and all-way stop-controlled intersections, control delay is the total elapsed time from a vehicle joining the queue until its departure from the stopped position at the head of the queue. The control delay also includes the time required to decelerate to a stop and to accelerate to the free-flow speed.

### SATURATION FLOW RATE AND LOST TIME

Saturation flow rate is defined as the flow rate per lane at which vehicles can pass through a signalized intersection. By definition, it is computed by Equation 7-9:

$$s = \frac{3600}{h} \quad (7-9)$$

where

- $s$  = saturation flow rate (veh/h), and
- $h$  = saturation headway (s).

The saturation flow rate represents the number of vehicles per hour per lane that can pass through a signalized intersection if the green signal was available for the full hour, the flow of vehicles was never halted, and there were no large headways.

Each time a flow is stopped, it must start again, with the first four vehicles experiencing the start-up reaction and acceleration headways shown in Exhibit 7-5. In this exhibit, the first four vehicles in the queue encounter headways longer than the saturation headway,  $h$ . The increments,  $t_i$ , are called start-up lost times. The total start-up lost time for the vehicles is the sum of the increments, computed using Equation 7-10.

$$l_t = \sum_{i=1}^N t_i \quad (7-10)$$

where

- $l_t$  = total start-up lost time (s),
- $t_i$  = lost time for  $i$ th vehicle in queue (s), and
- $N$  = last vehicle in queue.

Each stop of a stream of vehicles is another source of lost time. When one stream of vehicles stops, safety requires some clearance time before a conflicting stream of traffic is allowed to enter the intersection. This interval when no vehicles use the intersection is called clearance lost time,  $l_c$ .

In practice, signal cycles provide for this clearance through change intervals, which can include yellow or all-red indications or both. Drivers generally cannot observe this entire interval but can use the intersection during some portion of it. The clearance lost time,  $l_c$ , is the portion of this change interval not used by drivers.

The relationship between saturation flow rate and lost times is a critical one. For any green time or movement, vehicles use the intersection at the saturation flow rate for a period equal to the available green time plus the change interval minus the start-up and clearance lost times. Because lost time is experienced with each start and stop of a movement, the total amount of time lost over an hour is related to the signal timing. For instance, at a signal with a 60-s cycle length, it will start and stop each movement 60 times per hour, and the total lost time per movement will be  $60(l_t + l_c)$ .

Lost time affects capacity and delay. It might appear that the capacity of an intersection would increase with increased cycle length. But this is offset somewhat by the observation that the saturation headway,  $h$ , can increase if the length of a continuous green indication increases. Other intersection features, such as turning lanes, also can offset the reduction in capacity due to short cycles. Longer cycle lengths increase the number of vehicles in the queues and can cause the left-turn lane to overflow, reducing capacity by blocking the through-lanes.

### Apéndice 3. Datos de Flujo Vehicular Tomados Durante los Conteos

#### Intersección Carreteras PR-32 y PR-34

Termina Período	O-E	O-N	O-S	S-N	S-O	S-E	E-O	E-S	E-N	N-S	N-E	N-O	Total
12:15 AM	7	7	0	20	7	1	0	0	4	28	2	17	93
12:30 AM	1	6	0	17	7	1	1	0	2	23	1	8	67
12:45 AM	1	5	1	6	9	1	1	0	3	12	0	7	46
01:00 AM	2	4	0	12	7	1	3	0	0	14	1	8	52
01:15 AM	1	3	0	9	8	0	1	0	1	10	1	7	41
01:30 AM	0	6	0	5	7	0	2	0	1	16	1	4	42
01:45 AM	1	6	2	8	8	1	2	0	2	10	0	3	43
02:00 AM	2	5	0	6	7	0	2	0	4	11	0	3	40
02:15 AM	3	5	0	7	9	0	1	0	2	9	3	5	44
02:30 AM	3	6	0	6	7	0	0	0	1	4	0	6	33
02:45 AM	5	6	1	5	9	0	0	0	1	8	1	0	36
03:00 AM	8	5	3	4	10	1	2	1	3	10	1	3	51
03:15 AM	6	1	1	7	7	0	3	0	0	8	2	2	37
03:30 AM	14	1	1	8	0	2	2	0	0	8	1	3	40
03:45 AM	27	3	1	7	1	1	0	0	3	13	0	5	61
04:00 AM	26	0	2	12	0	0	5	0	1	14	3	7	70
04:15 AM	28	1	2	13	0	0	4	0	2	5	3	9	67
04:30 AM	41	4	1	13	0	3	4	4	2	10	2	7	91
04:45 AM	22	8	4	13	0	2	3	2	4	19	5	13	95
05:00 AM	35	14	6	22	0	4	3	4	2	21	8	18	137
05:15 AM	46	14	6	36	7	2	9	2	4	29	2	22	179
05:30 AM	48	14	6	51	8	3	12	2	6	33	18	26	227
05:45 AM	49	26	14	56	0	8	16	3	8	36	26	40	282
06:00 AM	48	22	9	60	0	8	16	7	7	69	38	38	322
06:15 AM	40	37	13	109	7	11	18	5	15	73	50	53	431
06:30 AM	64	42	13	95	0	37	23	9	17	82	53	59	494
06:45 AM	50	46	8	117	8	43	19	6	16	102	80	64	559
07:00 AM	60	44	14	133	7	39	27	8	31	137	79	79	658
07:15 AM	58	35	8	144	8	27	26	14	34	120	55	86	615
07:30 AM	54	49	12	150	7	22	24	7	40	196	81	91	733
07:45 AM	53	69	12	167	10	35	19	9	31	156	106	74	741
08:00 AM	63	59	13	198	9	20	24	12	42	222	67	103	832
08:15 AM	57	67	18	171	7	35	23	18	23	192	76	88	775
08:30 AM	57	51	20	165	8	26	16	18	29	144	39	75	648
08:45 AM	44	61	20	132	7	17	27	15	24	169	40	73	629
09:00 AM	56	55	18	142	8	10	27	11	25	142	42	77	613
09:15 AM	67	54	16	130	7	11	31	12	20	150	31	62	591
09:30 AM	57	61	21	137	8	10	26	21	24	167	53	66	651
09:45 AM	67	51	19	164	7	14	22	8	35	154	42	58	641
10:00 AM	73	55	19	145	8	9	18	14	34	153	29	70	627
10:15 AM	78	50	20	136	7	15	27	15	34	193	33	75	683
10:30 AM	77	53	27	137	8	15	64	21	39	137	53	70	701
10:45 AM	83	47	31	147	7	22	32	28	38	139	35	73	682
11:00 AM	66	56	30	145	8	16	39	15	42	167	27	96	707
11:15 AM	61	53	30	118	7	11	39	23	25	159	35	85	646
11:30 AM	71	52	24	132	8	12	49	19	44	157	43	69	680
11:45 AM	91	51	18	159	7	12	40	26	51	132	25	90	702
12:00 PM	69	53	29	150	8	19	42	11	51	179	40	74	725

12:15 PM	67	63	32	159	8	15	43	33	60	176	42	88	786
12:30 PM	64	60	23	145	7	9	62	20	72	152	38	78	730
12:45 PM	60	52	19	184	8	9	65	26	43	238	46	85	835
01:00 PM	63	62	24	175	7	17	35	55	57	177	59	104	835
01:15 PM	63	52	22	164	9	24	40	17	48	184	38	87	748
01:30 PM	74	45	34	149	8	20	33	26	53	197	48	72	759
01:45 PM	64	58	19	149	9	16	31	36	49	143	41	88	703
02:00 PM	81	48	25	164	11	21	45	77	115	158	29	86	860
02:15 PM	59	51	26	154	7	15	35	41	58	158	102	83	789
02:30 PM	68	58	18	155	8	24	59	21	43	172	48	103	777
02:45 PM	74	55	20	188	7	22	65	30	58	193	51	75	838
03:00 PM	50	57	25	173	8	10	35	29	41	185	46	103	762
03:15 PM	70	75	28	170	10	12	44	17	55	188	26	112	807
03:30 PM	51	50	18	144	16	7	73	30	171	158	39	78	835
03:45 PM	50	61	18	184	7	18	47	45	250	155	32	93	960
04:00 PM	45	70	20	153	8	7	42	15	143	182	31	83	799
04:15 PM	39	61	13	207	7	14	71	16	125	166	29	72	820
04:30 PM	40	56	13	178	8	9	55	10	52	215	36	68	740
04:45 PM	37	58	17	177	7	8	44	10	103	185	36	83	765
05:00 PM	38	56	7	165	8	4	28	11	161	172	33	63	746
05:15 PM	34	59	8	170	7	8	56	18	86	158	27	73	704
05:30 PM	37	52	4	163	8	11	53	10	64	158	27	70	657
05:45 PM	28	58	11	134	7	10	26	23	29	177	27	65	595
06:00 PM	31	61	7	151	8	14	20	18	30	159	20	71	590
06:15 PM	29	53	10	121	7	13	17	9	48	124	34	59	524
06:30 PM	44	61	6	130	8	12	67	5	35	170	24	59	621
06:45 PM	33	52	6	127	9	12	31	9	19	153	44	60	555
07:00 PM	28	65	7	110	0	18	27	18	33	143	37	65	551
07:15 PM	19	43	12	125	7	18	19	4	52	161	26	71	557
07:30 PM	28	51	6	125	8	16	39	7	43	140	34	57	554
07:45 PM	23	76	8	99	7	6	37	10	36	131	21	73	527
08:00 PM	15	39	8	121	8	6	29	5	27	110	13	53	434
08:15 PM	10	36	9	101	7	6	28	2	38	106	14	56	413
08:30 PM	15	38	2	74	0	3	36	3	35	94	12	80	392
08:45 PM	14	53	8	77	0	5	18	4	40	90	12	70	391
09:00 PM	10	40	4	102	0	3	20	6	32	94	8	52	371
09:15 PM	6	55	7	87	0	5	15	7	25	93	9	61	370
09:30 PM	5	52	3	79	1	4	26	13	16	132	6	52	389
09:45 PM	5	37	2	72	0	3	9	25	24	90	11	51	329
10:00 PM	4	38	1	60	0	5	8	9	14	97	5	46	287
10:15 PM	7	26	3	52	2	1	11	4	12	85	6	49	258
10:30 PM	12	22	4	43	1	11	35	1	4	76	7	49	265
10:45 PM	8	27	2	40	1	5	15	2	13	64	21	36	234
11:00 PM	8	20	1	38	2	4	5	0	4	49	17	12	160
11:15 PM	7	15	2	28	0	3	17	0	32	59	4	23	190
11:30 PM	3	17	2	24	1	2	9	2	29	43	1	26	159
11:45 PM	4	11	2	14	1	2	4	1	14	25	2	17	97
12:00 PM	3	13	2	20	1	1	5	0	1	34	3	8	91
Total	3567	3741	1081	9650	563	1015	2428	1150	3419	10611	2655	5239	45119

*Intersección Carretera PR-32 y Acceso a Iglesia, Hormigonera y Oficina*

Termina Período	E-N	E-S	N-S	N-E	S-N	S-E	Total
12:15 AM	0	0	47	0	31	0	78
12:30 AM	0	0	32	1	25	0	58
12:45 AM	0	1	18	1	14	0	34
01:00 AM	0	0	23	0	16	0	39
01:15 AM	0	0	18	4	10	3	35
01:30 AM	0	0	21	1	12	0	34
01:45 AM	0	0	13	2	14	2	31
02:00 AM	0	0	14	0	15	0	29
02:15 AM	0	0	17	3	11	3	34
02:30 AM	1	0	10	3	11	3	28
02:45 AM	0	0	9	0	12	0	21
03:00 AM	0	0	14	0	12	0	26
03:15 AM	0	0	12	0	8	0	20
03:30 AM	0	0	12	0	9	0	21
03:45 AM	0	0	18	0	13	0	31
04:00 AM	0	0	24	0	13	0	37
04:15 AM	0	0	17	0	16	0	33
04:30 AM	1	0	19	0	20	0	40
04:45 AM	0	0	37	0	25	0	62
05:00 AM	0	0	47	0	38	0	85
05:15 AM	0	0	53	0	54	0	107
05:30 AM	0	1	76	0	71	0	148
05:45 AM	0	1	101	0	90	0	192
06:00 AM	0	0	145	0	89	0	234
06:15 AM	0	0	176	0	161	0	337
06:30 AM	0	0	194	0	154	0	348
06:45 AM	0	0	246	0	179	0	425
07:00 AM	0	1	294	0	208	0	503
07:15 AM	0	0	261	0	213	0	474
07:30 AM	0	1	367	0	239	0	607
07:45 AM	0	0	336	1	267	0	604
08:00 AM	0	0	392	0	299	0	691
08:15 AM	0	1	355	0	261	0	617
08:30 AM	1	1	257	0	246	0	505
08:45 AM	1	1	281	1	218	0	502
09:00 AM	1	1	260	1	223	0	486
09:15 AM	0	1	242	0	204	0	447
09:30 AM	1	1	285	1	223	0	511
09:45 AM	0	1	253	0	250	0	504
10:00 AM	0	0	252	1	234	0	487
10:15 AM	0	1	300	1	220	0	522
10:30 AM	0	0	260	0	229	0	489
10:45 AM	1	1	246	0	233	0	481
11:00 AM	1	2	288	1	244	0	536
11:15 AM	0	1	278	1	195	1	476
11:30 AM	1	1	268	1	229	0	500
11:45 AM	0	0	247	0	261	0	508
12:00 PM	1	1	292	0	255	0	549
12:15 PM	0	1	305	2	280	2	590

12:30 PM	1	1	267	0	277	1	547
12:45 PM	0	0	369	0	279	0	648
01:00 PM	1	1	339	1	295	0	637
01:15 PM	1	1	308	0	265	0	575
01:30 PM	0	0	317	1	246	1	565
01:45 PM	1	2	270	0	257	0	530
02:00 PM	1	1	272	0	328	0	602
02:15 PM	2	3	340	0	265	0	610
02:30 PM	1	1	322	0	257	0	581
02:45 PM	2	2	317	1	303	0	625
03:00 PM	1	2	332	0	272	0	607
03:15 PM	0	1	325	0	300	0	626
03:30 PM	1	1	274	0	366	0	642
03:45 PM	1	0	280	0	496	0	777
04:00 PM	0	0	296	0	366	0	662
04:15 PM	0	0	267	0	393	0	660
04:30 PM	0	0	319	0	286	0	605
04:45 PM	0	0	304	0	337	1	642
05:00 PM	0	0	268	0	382	0	650
05:15 PM	1	1	257	0	315	1	575
05:30 PM	0	0	255	0	279	0	534
05:45 PM	0	0	269	4	218	3	494
06:00 PM	0	0	250	0	242	0	492
06:15 PM	2	1	216	1	223	1	444
06:30 PM	0	0	253	0	226	0	479
06:45 PM	0	0	257	1	198	0	456
07:00 PM	0	0	245	0	208	0	453
07:15 PM	0	0	258	1	220	0	479
07:30 PM	0	0	231	3	217	2	453
07:45 PM	1	2	223	2	210	2	440
08:00 PM	0	0	176	4	182	5	367
08:15 PM	0	0	176	3	173	2	354
08:30 PM	0	0	186	1	147	0	334
08:45 PM	0	0	172	0	170	0	342
09:00 PM	0	0	154	0	174	0	328
09:15 PM	0	0	163	0	166	1	330
09:30 PM	0	0	190	5	144	3	342
09:45 PM	0	0	152	2	131	2	287
10:00 PM	0	0	148	1	112	0	261
10:15 PM	0	0	140	0	90	0	230
10:30 PM	0	0	132	0	69	0	201
10:45 PM	0	0	121	0	80	0	201
11:00 PM	0	0	78	0	62	0	140
11:15 PM	0	0	86	0	75	0	161
11:30 PM	0	0	70	0	70	0	140
11:45 PM	0	0	44	0	39	0	83
12:00 PM	0	0	45	0	34	0	79
Total	27	40	18465	57	16798	39	35426

*Intersección Carretera PR-32 y Boulevard Cristóbal Colón*

Termina Período	O-N	O-S	S-N	S-O	N-S	N-O	Total
12:15 AM	5	1	27	4	46	0	83
12:30 AM	3	1	22	3	32	18	79
12:45 AM	3	0	12	2	19	25	61
01:00 AM	2	3	14	2	20	20	61
01:15 AM	3	0	9	1	22	8	43
01:30 AM	2	1	11	1	21	2	38
01:45 AM	0	0	12	2	15	6	35
02:00 AM	1	2	13	2	12	11	41
02:15 AM	2	0	10	1	20	0	33
02:30 AM	1	0	11	1	13	3	29
02:45 AM	2	1	11	1	8	14	37
03:00 AM	1	0	11	1	14	0	27
03:15 AM	2	0	7	1	12	14	36
03:30 AM	0	1	8	1	11	13	34
03:45 AM	3	1	11	2	17	14	48
04:00 AM	0	1	11	2	23	16	53
04:15 AM	2	1	14	2	16	32	67
04:30 AM	3	1	18	3	18	29	72
04:45 AM	4	0	22	3	37	47	113
05:00 AM	3	1	33	5	46	33	121
05:15 AM	5	0	47	7	53	60	172
05:30 AM	6	1	62	9	75	63	216
05:45 AM	7	7	79	11	94	83	281
06:00 AM	10	3	78	11	142	74	318
06:15 AM	13	8	141	20	168	86	436
06:30 AM	10	7	135	19	187	128	486
06:45 AM	17	14	157	22	232	110	552
07:00 AM	10	29	182	26	265	87	599
07:15 AM	25	8	187	26	253	88	587
07:30 AM	15	13	209	30	354	0	621
07:45 AM	21	18	234	33	319	32	657
08:00 AM	15	16	262	37	376	0	706
08:15 AM	19	16	229	32	339	0	635
08:30 AM	21	17	216	31	240	73	598
08:45 AM	21	19	192	27	263	16	538
09:00 AM	20	23	196	28	238	75	580
09:15 AM	18	25	179	25	217	89	553
09:30 AM	23	27	196	28	259	16	549
09:45 AM	28	21	219	31	232	78	609
10:00 AM	34	41	205	29	212	103	624
10:15 AM	18	34	193	27	267	37	576
10:30 AM	31	32	201	28	228	73	593
10:45 AM	34	26	205	29	220	125	639
11:00 AM	27	20	215	30	269	68	629
11:15 AM	28	34	171	24	245	91	593
11:30 AM	43	34	201	29	235	54	596
11:45 AM	33	33	229	32	214	146	687
12:00 PM	40	31	224	32	261	102	690
12:15 PM	38	37	245	35	270	92	717

12:30 PM	39	45	244	34	222	164	748
12:45 PM	28	45	244	35	324	75	751
01:00 PM	50	39	259	37	301	57	743
01:15 PM	29	44	233	33	264	141	744
01:30 PM	39	26	215	31	292	71	674
01:45 PM	45	36	226	32	234	164	737
02:00 PM	36	41	288	41	231	203	840
02:15 PM	41	37	234	33	303	110	758
02:30 PM	43	34	226	32	288	118	741
02:45 PM	45	47	267	38	271	136	804
03:00 PM	46	48	239	34	284	120	771
03:15 PM	38	41	263	37	284	108	771
03:30 PM	77	48	321	46	226	148	866
03:45 PM	32	48	435	62	232	106	915
04:00 PM	49	56	321	45	240	90	801
04:15 PM	55	46	344	49	221	116	831
04:30 PM	44	52	251	35	267	45	694
04:45 PM	46	58	295	42	246	52	739
05:00 PM	46	54	335	47	214	97	793
05:15 PM	38	59	277	39	198	110	721
05:30 PM	36	60	244	35	195	91	661
05:45 PM	46	47	191	27	226	51	588
06:00 PM	34	40	212	30	210	90	616
06:15 PM	34	39	197	28	178	85	561
06:30 PM	32	33	198	28	220	72	583
06:45 PM	40	35	173	25	223	67	563
07:00 PM	33	29	182	26	216	56	542
07:15 PM	32	39	193	27	220	0	511
07:30 PM	34	23	190	27	211	23	508
07:45 PM	27	23	185	26	202	17	480
08:00 PM	30	22	159	23	158	53	445
08:15 PM	24	21	152	21	158	40	416
08:30 PM	28	18	129	18	169	16	378
08:45 PM	16	14	149	21	158	31	389
09:00 PM	25	24	152	22	130	43	396
09:15 PM	14	11	145	21	152	23	366
09:30 PM	21	28	126	18	167	7	367
09:45 PM	16	12	115	16	142	7	308
10:00 PM	27	9	98	14	140	8	296
10:15 PM	12	11	79	11	129	23	265
10:30 PM	8	11	60	9	121	0	209
10:45 PM	17	6	70	10	115	0	218
11:00 PM	15	7	54	8	71	17	172
11:15 PM	12	3	66	9	83	0	173
11:30 PM	16	3	61	9	67	0	156
11:45 PM	11	3	34	5	41	9	103
12:00 PM	5	3	30	4	42	0	84
Total	2183	2087	14737	2088	16435	5414	42944

## Apéndice 4. Matriz del Estudio

Intersección	Condición Actual			Condición Año 2012			Condición Año 2022		
	Hora Pico AM	1:00 - 2:00 PM	Hora Pico PM	Hora Pico AM	1:00 - 2:00 PM	Hora Pico PM	Hora Pico AM	1:00 - 2:00 PM	Hora Pico PM
PR-32 y PR-34	HIMAAM 08	HIMA12 08	HIMAPM 08	HIMAAM 12	HIMA12 12	HIMAPM 12	HIMAAM 22	HIMA12 22	HIMAPM 22
PR-32 y Proyecto	ProyAM 08	Proy12 08	ProyPM 08	ProyAM 12	Proy12 12	ProyPM 12	ProyAM 22	Proy12 22	ProyPM 22
PR-32 y C. Colón	ColoAM 08	Colo12 08	ColoPM 08	ColoAM 12	Colo12 12	ColoPM 12	ColoAM 22	Colo12 22	ColoPM 22
PR-32, entre PR-34 y C.Colón, dirección norte	HNorAM 08	HNor12 08	HNorPM 08	HNorAM 12	HNor12 12	HNorPM 12	HNorAM 22	HNor12 22	HNorPM 22
PR-32, entre PR-34 y C.Colón, dirección sur	HSurAM 08	HSur12 08	HSurPM 08	HSurAM 12	HSur12 12	HSurPM 12	HSurAM 22	HSur12 22	HSurPM 22

Nota: También se incluye el archivo con la evaluación de las justificaciones para la instalación de un sistema de semáforos en la intersección de la carretera PR-32 y el acceso al propuesto Centro Judicial de Caguas. El nombre del archivo es "Warrants".

## Apéndice 5. Cómputos para el análisis operacional

SHORT REPORT												
General Information						Site Information						
Analyst	José L. Pérez Berenguer					Intersection	PR-32 y PR-34					
Agency or Co.	Pérez Berenguer y Asociados					Area Type	All other areas					
Date Performed	10/16/2008					Jurisdiction	Caguas					
Time Period	7:15 - 8:15 AM					Analysis Year	2008					
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Number of Lanes	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1
Lane Group	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume (vph)	244	227	55	46	90	136	33	686	112	330	766	356
% Heavy Vehicles	1	9	2	0	6	3	0	3	4	3	3	3
PHF	0.88	0.90	0.76	0.64	0.94	0.81	0.83	0.87	0.80	0.78	0.86	0.86
Pretimed/Actuated (P/A)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Startup Lost Time	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Extension of Effective Green	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Arrival Type	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Unit Extension	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Ped/Bike/RTOR Volume	0	0	55	0	0	136	0	0	112	0	0	356
Lane Width	3.0	3.5	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Parking/Grade/Parking	N	-3	N	N	0	N	N	0	N	N	2	N
Parking/Hour												
Bus Stops/Hour	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Minimum Pedestrian Time		3.2			3.2			3.2			3.2	
Phasing	Excl. Left	Thru & RT	03	04	Excl. Left	Thru & RT	07	08				
Timing	G = 13.0	G = 27.0	G =	G =	G = 9.0	G = 33.0	G =	G =				
	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =				
Duration of Analysis (hrs) = 0.25						Cycle Length C = 102.0						

Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination												
	EB			WB			NB			SB		
Adjusted Flow Rate	277	252	0	72	96	0	40	789	0	423	891	0
Lane Group Capacity	216	882	397	215	893	387	149	1061	469	143	1050	469
v/c Ratio	1.28	0.29	0.00	0.33	0.11	0.00	0.27	0.74	0.00	2.96	0.85	0.00
Green Ratio	0.13	0.26	0.26	0.13	0.26	0.26	0.09	0.32	0.32	0.09	0.32	0.32
Uniform Delay $d_1$	44.5	29.8	27.6	40.6	28.4	27.6	43.4	30.7	23.3	46.5	32.2	23.3
Delay Factor k	0.50	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.30	0.11	0.50	0.38	0.11
Incremental Delay $d_2$	157.6	0.2	0.0	0.9	0.1	0.0	1.0	2.9	0.0	899.7	6.7	0.0
PF Factor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.967	1.000
Control Delay	202.1	30.0	27.6	41.5	28.4	27.6	44.4	33.6	23.3	946.2	37.8	23.3
Lane Group LOS	F	C	C	D	C	C	D	C	C	F	D	C
Approach Delay	120.1			34.0			34.1			330.2		
Approach LOS	F			C			C			F		
Intersection Delay	187.1			Intersection LOS						F		

TWO-WAY STOP CONTROL SUMMARY						
General Information			Site Information			
Analyst	José L. Pérez Berenguer		Intersection	PR-32 y Terrassa		
Agency/Co.	Pérez Berenguer y Asoc.		Jurisdiction	Caguas		
Date Performed	10/18/2008		Analysis Year	2008		
Analysis Time Period	7:15 - 8:15 AM					
Project Description <i>Estudio de Impacto en el Tránsito Centro Judicial Caguas</i>						
East/West Street: <i>Terrassa</i>			North/South Street: <i>PR-32</i>			
Intersection Orientation: <i>North-South</i>			Study Period (hrs): <i>0.25</i>			
Vehicle Volumes and Adjustments						
Major Street	Northbound			Southbound		
Movement	1	2	3	4	5	6
	L	T	R	L	T	R
Volume (veh/h)	0	1066	0	1	1450	
Peak-Hour Factor, PHF	1.00	0.89	1.00	0.25	0.92	1.00
Hourly Flow Rate, HFR (veh/h)	0	1197	0	4	1576	0
Percent Heavy Vehicles	0	--	--	0	--	--
Median Type	<i>Raised curb</i>					
RT Channelized			0			0
Lanes	0	2	0	0	2	0
Configuration	<i>LT</i>		<i>TR</i>	<i>LT</i>	<i>T</i>	
Upstream Signal		1			1	
Minor Street	Eastbound			Westbound		
Movement	7	8	9	10	11	12
	L	T	R	L	T	R
Volume (veh/h)				2	0	0
Peak-Hour Factor, PHF	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00
Hourly Flow Rate, HFR (veh/h)	0	0	0	4	0	0
Percent Heavy Vehicles	0	0	0	0	0	0
Percent Grade (%)	0			3		
Flared Approach		<i>N</i>			<i>N</i>	
Storage		0			0	

RT Channelized			0			0
Lanes	0	0	0	0	1	0
Configuration					LTR	

Delay, Queue Length, and Level of Service								
Approach	Northbound	Southbound	Westbound			Eastbound		
Movement	1	4	7	8	9	10	11	12
Lane Configuration	LT	LT		LTR				
v (veh/h)	0	4		4				
C (m) (veh/h)	430	590		140				
v/c	0.00	0.01		0.03				
95% queue length	0.00	0.02		0.09				
Control Delay (s/veh)	13.4	11.1		31.5				
LOS	B	B		D				
Approach Delay (s/veh)	--	--	31.5					
Approach LOS	--	--	D					

SHORT REPORT			
General Information		Site Information	
Analyst	José L. Pérez Berenguer	Intersection	PR-32 y C. Colón
Agency or Co.	Pérez Berenguer y Asociados	Area Type	All other areas
Date Performed	10/18/2008	Jurisdiction	Caguas
Time Period	7:15 - 8:15 AM	Analysis Year	2008

Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Number of Lanes	1		1				0	2			1	1
Lane Group	L		R				DefL	T			TR	R
Volume (vph)	70		63				132	934			1388	32
% Heavy Vehicles	4		2				0	3			3	3
PHF	0.83		0.88				0.89	0.89			0.92	0.25
Pretimed/Actuated (P/A)	P		P				P	P			P	P
Startup Lost Time	2.0		2.0				2.0	2.0			2.0	2.0
Extension of Effective Green	2.0		2.0				2.0	2.0			2.0	2.0
Arrival Type	3		3				3	4			3	3
Unit Extension	3.0		3.0				3.0	3.0			3.0	3.0
Ped/Bike/RTOR Volume	0	0	53	0	0		0	0		0	0	14
Lane Width	2.7		2.7				3.0	3.0			3.0	3.0
Parking/Grade/Parking	N	-2	N	N	0	N	N	0	N	N	0	N
Parking/Hour												
Bus Stops/Hour	0		0				0	0			0	0
Minimum Pedestrian Time		3.2			3.2			3.2			3.2	

Phasing	EB Only	02	03	04	NB Only	NS Perm	07	08
Timing	G = 22.0	G =	G =	G =	G = 22.0	G = 74.0	G =	G =
	Y = 4	Y =	Y =	Y =	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =
Duration of Analysis (hrs) = 0.25						Cycle Length C = 132.0		

<b>Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination</b>												
	EB			WB			NB			SB		
Adjusted Flow Rate	84		11				148	1049			1581	0
Lane Group Capacity	263		240				336	1305			959	820
v/c Ratio	0.32		0.05				0.44	0.80			1.65	0.00
Green Ratio	0.17		0.17				0.77	0.76			0.56	0.56
Uniform Delay $d_1$	48.4		46.2				35.6	9.9			29.0	12.7
Delay Factor k	0.50		0.50				0.50	0.50			0.50	0.50
Incremental Delay $d_2$	3.2		0.4				4.1	5.3			296.6	0.0
PF Factor	1.000		1.000				1.000	0.237			1.000	1.000
Control Delay	51.6		46.5				39.7	7.7			325.6	12.7
Lane Group LOS	D		D				D	A			F	B
Approach Delay	51.0						11.6			325.6		
Approach LOS	D						B			F		
Intersection Delay	185.7			Intersection LOS						F		

SHORT REPORT												
General Information						Site Information						
Analyst	José L. Pérez Berenguer					Intersection	PR-32 y PR-34					
Agency or Co.	Pérez Berenguer y Asociados					Area Type	All other areas					
Date Performed	10/16/2008					Jurisdiction	Caguas					
Time Period	1:00 - 2:00 PM					Analysis Year	2008					
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Number of Lanes	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1
Lane Group	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume (vph)	203	282	100	156	149	265	37	626	81	156	682	333
% Heavy Vehicles	3	5	4	10	17	2	0	2	4	4	2	2
PHF	0.88	0.87	0.74	0.51	0.83	0.58	0.84	0.95	0.84	0.81	0.87	0.95
Pretimed/Actuated (P/A)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Startup Lost Time	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Extension of Effective Green	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Arrival Type	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Unit Extension	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Ped/Bike/RTOR Volume	0	0	100	0	0	265	0	0	81	0	0	333
Lane Width	3.0	3.5	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Parking/Grade/Parking	N	-3	N	N	0	N	N	0	N	N	2	N
Parking/Hour												
Bus Stops/Hour	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Minimum Pedestrian Time		3.2			3.2			3.2			3.2	
Phasing	Excl. Left	Thru & RT	03	04	Excl. Left	Thru & RT	07	08				
Timing	G = 13.0	G = 27.0	G =	G =	G = 9.0	G = 33.0	G =	G =				
	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =				
Duration of Analysis (hrs) = 0.25						Cycle Length C = 102.0						

Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination												
	EB			WB			NB			SB		
Adjusted Flow Rate	231	324	0	306	180	0	44	659	0	193	784	0
Lane Group Capacity	212	915	389	195	809	391	149	1071	469	142	1060	473
v/c Ratio	1.09	0.35	0.00	1.57	0.22	0.00	0.30	0.62	0.00	1.36	0.74	0.00
Green Ratio	0.13	0.26	0.26	0.13	0.26	0.26	0.09	0.32	0.32	0.09	0.32	0.32
Uniform Delay $d_1$	44.5	30.4	27.6	44.5	29.3	27.6	43.5	29.1	23.3	46.5	30.7	23.3
Delay Factor k	0.50	0.11	0.11	0.50	0.11	0.11	0.11	0.20	0.11	0.50	0.30	0.11
Incremental Delay $d_2$	87.8	0.2	0.0	279.5	0.1	0.0	1.1	1.1	0.0	200.3	2.8	0.0
PF Factor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.967	1.000
Control Delay	132.3	30.7	27.6	324.0	29.4	27.6	44.6	30.2	23.3	246.8	32.5	23.3
Lane Group LOS	F	C	C	F	C	C	D	C	C	F	C	C
Approach Delay	73.0			214.9			31.1			74.8		
Approach LOS	E			F			C			E		
Intersection Delay	88.2			Intersection LOS						F		

TWO-WAY STOP CONTROL SUMMARY						
General Information			Site Information			
Analyst	José L. Pérez Berenguer		Intersection	PR-32 y Terrassa		
Agency/Co.	Pérez Berenguer y Asoc.		Jurisdiction	Caguas		
Date Performed	10/18/2008		Analysis Year	2008		
Analysis Time Period	1:00 - 2:00 PM					
Project Description <i>Estudio de Impacto en el Tránsito Centro Judicial Caguas</i>						
East/West Street: <i>Terrassa</i>			North/South Street: <i>PR-32</i>			
Intersection Orientation: <i>North-South</i>			Study Period (hrs): <i>0.25</i>			
Vehicle Volumes and Adjustments						
Major Street	Northbound			Southbound		
Movement	1	2	3	4	5	6
	L	T	R	L	T	R
Volume (veh/h)	0	1096	1	1	1167	
Peak-Hour Factor, PHF	1.00	0.84	0.25	0.25	0.92	1.00
Hourly Flow Rate, HFR (veh/h)	0	1304	4	4	1268	0
Percent Heavy Vehicles	0	-	-	0	-	-
Median Type	<i>Raised curb</i>					
RT Channelized			0			0
Lanes	0	2	0	0	2	0
Configuration	<i>LT</i>		<i>TR</i>	<i>LT</i>	<i>T</i>	
Upstream Signal		1			1	
Minor Street	Eastbound			Westbound		
Movement	7	8	9	10	11	12
	L	T	R	L	T	R
Volume (veh/h)				4	0	3
Peak-Hour Factor, PHF	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	0.75
Hourly Flow Rate, HFR (veh/h)	0	0	0	8	0	4
Percent Heavy Vehicles	0	0	0	0	0	0
Percent Grade (%)	0			3		
Flared Approach		<i>N</i>			<i>N</i>	
Storage		0			0	

RT Channelized			0			0
Lanes	0	0	0	0	1	0
Configuration					LTR	

Delay, Queue Length, and Level of Service								
Approach	Northbound	Southbound	Westbound			Eastbound		
Movement	1	4	7	8	9	10	11	12
Lane Configuration	LT	LT		LTR				
v (veh/h)	0	4		12				
C (m) (veh/h)	555	536		171				
v/c	0.00	0.01		0.07				
95% queue length	0.00	0.02		0.22				
Control Delay (s/veh)	11.5	11.8		27.6				
LOS	B	B		D				
Approach Delay (s/veh)	--	--	27.6					
Approach LOS	--	--	D					

SHORT REPORT												
General Information						Site Information						
Analyst	José L. Pérez Berenguer					Intersection	PR-32 y C. Colón					
Agency or Co.	Pérez Berenguer y Asociados					Area Type	All other areas					
Date Performed	10/18/2008					Jurisdiction	Caguas					
Time Period	1:00 - 2:00 PM					Analysis Year	2008					
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Number of Lanes	1		1				0	2			1	1
Lane Group	L		R				DefL	T			TR	R
Volume (vph)	149		147				137	962			1021	579
% Heavy Vehicles	8		6				0	2			2	2
PHF	0.83		0.84				0.84	0.84			0.87	0.71
Pretimed/Actuated (P/A)	P		P				P	P			P	P
Startup Lost Time	2.0		2.0				2.0	2.0			2.0	2.0
Extension of Effective Green	2.0		2.0				2.0	2.0			2.0	2.0
Arrival Type	3		3				3	4			3	3
Unit Extension	3.0		3.0				3.0	3.0			3.0	3.0
Ped/Bike/RTOR Volume	0	0	123	0	0		0	0		0	0	254
Lane Width	2.7		2.7				3.0	3.0			3.0	3.0
Parking/Grade/Parking	N	-2	N	N	0	N	N	0	N	N	0	N
Parking/Hour												
Bus Stops/Hour	0		0				0	0			0	0
Minimum Pedestrian Time		3.2			3.2			3.2			3.2	
Phasing	EB Only	02	03	04	NB Only	NS Perm	07	08				
Timing	G = 22.0	G =	G =	G =	G = 22.0	G = 74.0	G =	G =				
	Y = 4	Y =	Y =	Y =	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =				
Duration of Analysis (hrs) = 0.25						Cycle Length C = 132.0						

<b>Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination</b>												
	EB			WB			NB			SB		
Adjusted Flow Rate	180		29				163	1145			1632	0
Lane Group Capacity	253		231				336	1317			933	829
v/c Ratio	0.71		0.13				0.49	0.87			1.75	0.00
Green Ratio	0.17		0.17				0.77	0.76			0.56	0.56
Uniform Delay $d_1$	52.0		46.8				37.0	11.4			29.0	12.7
Delay Factor k	0.50		0.50				0.50	0.50			0.50	0.50
Incremental Delay $d_2$	15.7		1.1				4.9	8.0			341.6	0.0
PF Factor	1.000		1.000				1.000	0.237			1.000	1.000
Control Delay	67.7		47.9				42.0	10.7			370.6	12.7
Lane Group LOS	E		D				D	B			F	B
Approach Delay	64.9						14.6			370.6		
Approach LOS	E						B			F		
Intersection Delay	202.4			Intersection LOS						F		

SHORT REPORT												
General Information						Site Information						
Analyst	José L. Pérez Berenguer					Intersection	PR-32 y PR-34					
Agency or Co.	Pérez Berenguer y Asociados					Area Type	All other areas					
Date Performed	10/16/2008					Jurisdiction	Caguas					
Time Period	3:15 - 4:15 PM					Analysis Year	2008					
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Number of Lanes	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1
Lane Group	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume (vph)	242	185	69	106	233	689	38	688	46	131	661	326
% Heavy Vehicles	3	2	6	6	18	3	0	3	0	4	6	2
PHF	0.86	0.91	0.86	0.59	0.80	0.69	0.59	0.83	0.64	0.84	0.91	0.88
Pretimed/Actuated (P/A)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Startup Lost Time	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Extension of Effective Green	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Arrival Type	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Unit Extension	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Ped/Bike/RTOR Volume	0	0	69	0	0	689	0	0	46	0	0	326
Lane Width	3.0	3.5	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Parking/Grade/Parking	N	-3	N	N	0	N	N	0	N	N	2	N
Parking/Hour												
Bus Stops/Hour	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Minimum Pedestrian Time		3.2			3.2			3.2			3.2	
Phasing	Excl. Left	Thru & RT	03	04	Excl. Left	Thru & RT	07	08				
Timing	G = 13.0	G = 27.0	G =	G =	G = 9.0	G = 33.0	G =	G =				
	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =				
Duration of Analysis (hrs) = 0.25						Cycle Length C = 102.0						

<b>Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination</b>												
	EB			WB			NB			SB		
Adjusted Flow Rate	281	203	0	180	291	0	64	829	0	156	726	0
Lane Group Capacity	212	942	382	203	803	387	149	1061	488	142	1020	473
v/c Ratio	1.33	0.22	0.00	0.89	0.36	0.00	0.43	0.78	0.00	1.10	0.71	0.00
Green Ratio	0.13	0.26	0.26	0.13	0.26	0.26	0.09	0.32	0.32	0.09	0.32	0.32
Uniform Delay $d_1$	44.5	29.2	27.6	43.8	30.5	27.6	44.1	31.2	23.3	46.5	30.3	23.3
Delay Factor k	0.50	0.11	0.11	0.41	0.11	0.11	0.11	0.33	0.11	0.50	0.28	0.11
Incremental Delay $d_2$	175.3	0.1	0.0	34.2	0.3	0.0	2.0	3.8	0.0	104.4	2.4	0.0
PF Factor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.967	1.000
Control Delay	219.8	29.4	27.6	78.0	30.8	27.6	46.1	35.1	23.3	150.9	31.7	23.3
Lane Group LOS	F	C	C	E	C	C	D	D	C	F	C	C
Approach Delay	139.9			48.8			35.9			52.8		
Approach LOS	F			D			D			D		
Intersection Delay	62.0			Intersection LOS						E		

TWO-WAY STOP CONTROL SUMMARY						
General Information			Site Information			
Analyst	José L. Pérez Berenguer		Intersection	PR-32 y Terrassa		
Agency/Co.	Pérez Berenguer y Asoc.		Jurisdiction	Caguas		
Date Performed	10/18/2008		Analysis Year	2008		
Analysis Time Period	3:15 - 4:15 PM					
Project Description <i>Estudio de Impacto en el Tránsito Centro Judicial Caguas</i>						
East/West Street: <i>Terrassa</i>			North/South Street: <i>PR-32</i>			
Intersection Orientation: <i>North-South</i>			Study Period (hrs): <i>0.25</i>			
Vehicle Volumes and Adjustments						
Major Street	Northbound			Southbound		
Movement	1	2	3	4	5	6
	L	T	R	L	T	R
Volume (veh/h)	0	1621	0	0	1117	
Peak-Hour Factor, PHF	1.00	0.82	0.25	0.25	0.94	1.00
Hourly Flow Rate, HFR (veh/h)	0	1976	0	0	1188	0
Percent Heavy Vehicles	0	--	--	0	--	--
Median Type	<i>Raised curb</i>					
RT Channelized			0			0
Lanes	0	2	0	0	2	0
Configuration	<i>LT</i>		<i>TR</i>	<i>LT</i>	<i>T</i>	
Upstream Signal		1			1	
Minor Street	Eastbound			Westbound		
Movement	7	8	9	10	11	12
	L	T	R	L	T	R
Volume (veh/h)				1	0	2
Peak-Hour Factor, PHF	1.00	1.00	1.00	0.25	1.00	0.50
Hourly Flow Rate, HFR (veh/h)	0	0	0	4	0	4
Percent Heavy Vehicles	0	0	0	0	0	0
Percent Grade (%)	0			3		
Flared Approach		<i>N</i>			<i>N</i>	
Storage		0			0	

RT Channelized			0			0
Lanes	0	0	0	0	1	0
Configuration					LTR	

**Delay, Queue Length, and Level of Service**

Approach	Northbound	Southbound	Westbound			Eastbound		
Movement	1	4	7	8	9	10	11	12
Lane Configuration	LT	LT		LTR				
v (veh/h)	0	0		8				
C (m) (veh/h)	595	297		96				
v/c	0.00	0.00		0.08				
95% queue length	0.00	0.00		0.27				
Control Delay (s/veh)	11.1	17.1		45.9				
LOS	B	C		E				
Approach Delay (s/veh)	--	--	45.9					
Approach LOS	--	--	E					

SHORT REPORT												
General Information						Site Information						
Analyst	José L. Pérez Berenguer					Intersection	PR-32 y C. Colón					
Agency or Co.	Pérez Berenguer y Asociados					Area Type	All other areas					
Date Performed	10/18/2008					Jurisdiction	Caguas					
Time Period	3:15 - 4:15 PM					Analysis Year	2012					
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Number of Lanes	1		1				0	2			1	1
Lane Group	L		R				DefL	T			TR	R
Volume (vph)	213		198				202	1421			919	460
% Heavy Vehicles	3		11				0	3			4	3
PHF	0.69		0.88				0.81	0.82			0.96	0.78
Pretimed/Actuated (P/A)	P		P				P	P			P	P
Startup Lost Time	2.0		2.0				2.0	2.0			2.0	2.0
Extension of Effective Green	2.0		2.0				2.0	2.0			2.0	2.0
Arrival Type	3		3				3	4			3	3
Unit Extension	3.0		3.0				3.0	3.0			3.0	3.0
Ped/Bike/RTOR Volume	0	0	165	0	0		0	0		0	0	202
Lane Width	2.7		2.7				3.0	3.0			3.0	3.0
Parking/Grade/Parking	N	-2	N	N	0	N	N	0	N	N	0	N
Parking/Hour												
Bus Stops/Hour	0		0				0	0			0	0
Minimum Pedestrian Time		3.2			3.2			3.2			3.2	
Phasing	EB Only	02	03	04	NB Only	NS Perm	07	08				
Timing	G = 22.0	G =	G =	G =	G = 22.0	G = 74.0	G =	G =				
	Y = 4	Y =	Y =	Y =	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =				
Duration of Analysis (hrs) = 0.25						Cycle Length C = 132.0						

<b>Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination</b>												
	EB			WB			NB			SB		
Adjusted Flow Rate	309		38				249	1733			1288	0
Lane Group Capacity	266		221				336	1305			921	820
v/c Ratio	1.16		0.17				0.74	1.33			1.40	0.00
Green Ratio	0.17		0.17				0.77	0.76			0.56	0.56
Uniform Delay $d_1$	55.0		47.2				43.3	16.0			29.0	12.7
Delay Factor k	0.50		0.50				0.50	0.50			0.50	0.50
Incremental Delay $d_2$	106.1		1.7				13.7	153.0			185.9	0.0
PF Factor	1.000		1.000				1.000	1.000			1.000	1.000
Control Delay	161.1		48.9				57.0	169.0			214.9	12.7
Lane Group LOS	F		D				E	F			F	B
Approach Delay	148.8						154.9			214.9		
Approach LOS	F						F			F		
Intersection Delay	175.7			Intersection LOS						F		







SHORT REPORT												
General Information						Site Information						
Analyst	José L. Pérez Berenguer					Intersection	PR-32 y PR-34					
Agency or Co.	Pérez Berenguer y Asociados					Area Type	All other areas					
Date Performed	10/16/2008					Jurisdiction	Caguas					
Time Period	7:15 - 8:15 AM					Analysis Year	2012					
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Number of Lanes	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2	3	1
Lane Group	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
Volume (vph)	398	249	60	51	99	222	36	1122	123	390	905	422
% Heavy Vehicles	1	9	2	0	6	3	0	3	4	3	3	3
PHF	0.88	0.90	0.76	0.64	0.94	0.81	0.83	0.87	0.80	0.78	0.86	0.86
Pretimed/Actuated (P/A)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Startup Lost Time	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Extension of Effective Green	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Arrival Type	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
Unit Extension	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Ped/Bike/RTOR Volume	0	0	60	0	0	222	0	0	123	0	0	422
Lane Width	4.0	3.7	3.7	4.0	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	4.0	3.7	3.7
Parking/Grade/Parking	N	-3	N	N	0	N	N	0	N	N	2	N
Parking/Hour												
Bus Stops/Hour	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Minimum Pedestrian Time		3.2			3.2			3.2			3.2	
Phasing	EB Only	WB Only	03	04	Excl. Left	Thru & RT	07	08				
Timing	G = 15.0	G = 5.0	G =	G =	G = 19.0	G = 41.0	G =	G =				
	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =	Y = 4	Y = 6	Y =	Y =				
Duration of Analysis (hrs) = 0.25						Cycle Length C = 100.0						

Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination												
	EB			WB			NB			SB		
Adjusted Flow Rate	452	277	0	80	105	0	43	1290	0	500	1052	0
Lane Group Capacity	552	511	244	183	173	79	347	1456	644	669	2062	644
v/c Ratio	0.82	0.54	0.00	0.44	0.61	0.00	0.12	0.89	0.00	0.75	0.51	0.00
Green Ratio	0.15	0.15	0.15	0.05	0.05	0.05	0.19	0.41	0.41	0.19	0.41	0.41
Uniform Delay d <sub>i</sub>	41.2	39.3	36.1	46.1	46.5	45.1	33.6	27.3	17.4	38.2	22.0	17.4
Delay Factor k	0.36	0.14	0.11	0.11	0.19	0.11	0.11	0.41	0.11	0.30	0.12	0.11
Incremental Delay d <sub>i2</sub>	9.5	1.2	0.0	1.7	6.0	0.0	0.2	7.0	0.0	4.6	0.2	0.0
PF Factor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.884	1.000
Control Delay	50.7	40.5	36.1	47.8	52.5	45.1	33.8	34.3	17.4	42.9	19.7	17.4
Lane Group LOS	D	D	D	D	D	D	C	C	B	D	B	B
Approach Delay	46.8			50.5			34.3			27.1		
Approach LOS	D			D			C			C		
Intersection Delay	34.6			Intersection LOS						C		