

**Anejo 5:**  
**Estudio de Tránsito**



**Traffic Consulting Group**



**Estudio de Tránsito  
Margarita Reef  
Cabo Rojo, PR**

**Preparado para:  
Ramey Development, Inc.  
Enero 2007**

## Tabla de Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Localización y descripción de la acción propuesta.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Metodología para la evaluación del impacto en el tránsito debido a la acción propuesta.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Teoría.....</b>	<b>8</b>
4.1	Evaluación de Nivel de Servicio (LOS) para una intersección .....	8
4.2	Relación entre demoras y Nivel de Servicio .....	9
4.3	Glosario .....	10
<b>5</b>	<b>Análisis de Tránsito .....</b>	<b>12</b>
5.1	Afluencia vehicular .....	12
5.2	Crecimiento Anual .....	13
5.3	Generación de Viajes Margarita Reef .....	14
5.4	Distribución de Viajes .....	14
5.5	Tránsito Futuro .....	14
5.6	Modelación de Tránsito .....	15
5.6.1	<i>Intersección PR-100 y PR-101 .....</i>	<i>16</i>
5.6.2	<i>Intersección PR-101 y PR-301 .....</i>	<i>18</i>
5.6.3	<i>Intersección PR-301 y PR-303 .....</i>	<i>22</i>
5.6.4	<i>Intersección PR-303 y Acceso al Desarrollo .....</i>	<i>25</i>
<b>6</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Certificación.....</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>Apéndices .....</b>	<b>30</b>
9.1	Apéndice 1: Flujos Obtenidos Mediante Conteos .....	30
9.2	Apéndice 2: Listado de Archivos de Modelaciones .....	34
9.3	Apéndice 3: Fotografías de las intersecciones.....	35
9.4	Apéndice 4: Resultados modelaciones .....	38

## Lista de Tablas

Tabla 1 Criterio del Nivel de Servicio para intersecciones.....	10
Tabla 2 Flujos PR-100 y PR-101 (Condición Presente).....	12
Tabla 3 Flujos PR-101 y PR-301 (Condición Presente).....	13
Tabla 4 Flujos PR-301 y PR-303 (Condición Presente).....	13
Tabla 5 Flujos PR-303 frente al predio del Proyecto (Condición Presente).....	13
Tabla 6 Generación de Viajes.....	14
Tabla 7 Flujos PR-100 y PR-101 (Condición Futuro).....	15
Tabla 8 Flujos Int. PR-101 y PR-301 (Condición Futuro).....	15
Tabla 9 Flujos Int. PR-301 y PR-303 (Condición Futuro).....	15
Tabla 10 Flujos Int. PR-303 y Acceso Proyecto (Condición Futuro).....	15
Tabla 11 Resultados Modelación Int. PR-100 y PR-101.....	18
Tabla 12 Resultados Modelación Int. PR-101 y PR-301.....	21
Tabla 13 Resultados Modelación Int. PR-301 y PR-303.....	24
Tabla 14 Resultados Modelación Int. PR-303 y Acceso Proyecto.....	26

## Lista de Figuras

Figura 1 Mapa de Localización.....	6
Figura 2 Croquis y Diagrama de Fases Int. PR-100 y PR-101.....	17
Figura 3 Croquis Int. PR-101 y PR-301.....	20
Figura 4 Croquis Int. PR-301 y PR-303.....	23
Figura 5 Croquis PR-303 y Acceso "Margarita Reef".....	25
Figura 6 Fotografías Accesos Int. PR-100 y PR-101.....	35
Figura 7 Fotografías Accesos Int. PR-101 y PR-301.....	36
Figura 8 Fotografías Accesos Int. PR-301 y PR-303.....	37

## 1 INTRODUCCIÓN

La Autoridad de Carreteras y Transportación en su documento titulado "Guías para la Preparación de Estudios Operacionales de Acceso y de Tránsito" para Puerto Rico establece la necesidad y ámbito de los estudios relacionados al tema del tránsito según el tamaño del desarrollo. El documento establece dos (2) tipos de estudios para determinar el efecto que un desarrollo tendrá en su área de influencia; estudio de acceso y estudio de tránsito. El primero se define como aquel recomendable para proyectos pequeños, los cuales podrán tener un impacto significativo en las intersecciones formadas por los accesos propuestos y no, necesariamente, en el sistema vial. El segundo es aquel que incluye la evaluación operacional de las intersecciones formadas por los accesos propuestos y por las intersecciones más importantes que están localizadas cerca del desarrollo. Según establecido en el mencionado documento, un desarrollo con menos unidades de vivienda, número de habitaciones o pies cuadrados de área comercial u oficinas que el valor mínimo de la tabla I (página 5) de las guías, no requerirá la preparación de estudio operacional alguno.

El desarrollo sujeto de este informe consiste en la construcción de 590 unidades de vivienda multifamiliar. Proyectos de este tamaño están sujetos a la preparación estudios de tránsito según las mencionadas guías. El siguiente informe presenta el estudio de tránsito en el área destinada para la construcción del proyecto "Margarita Ref." en el Km. 1.6 de la carretera PR-303 del barrio Llanos Costas del municipio de Cabo Rojo. Este informe evalúa las condiciones presentes del área y el impacto que tendrá la acción propuesta. Se modelará el funcionamiento de las intersecciones afectadas por el nuevo desarrollo mediante el uso del programa de

computadoras para el análisis de intersecciones SIDRA, con el fin de determinar el efecto final del mismo en las intersecciones de interés. También se evaluará el efecto de las mejoras geométricas que sean necesarias para mitigar el efecto del proyecto.

## 2 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN PROPUESTA

El proyecto propuesto estará localizado en el lado sur del Km. 1.6 de la carretera PR-303 en el barrio Llanos Costas del municipio de Cabo Rojo. El proyecto consiste de la construcción de 590 unidades de vivienda multifamiliar.

La siguiente figura muestra un mapa de localización del proyecto.

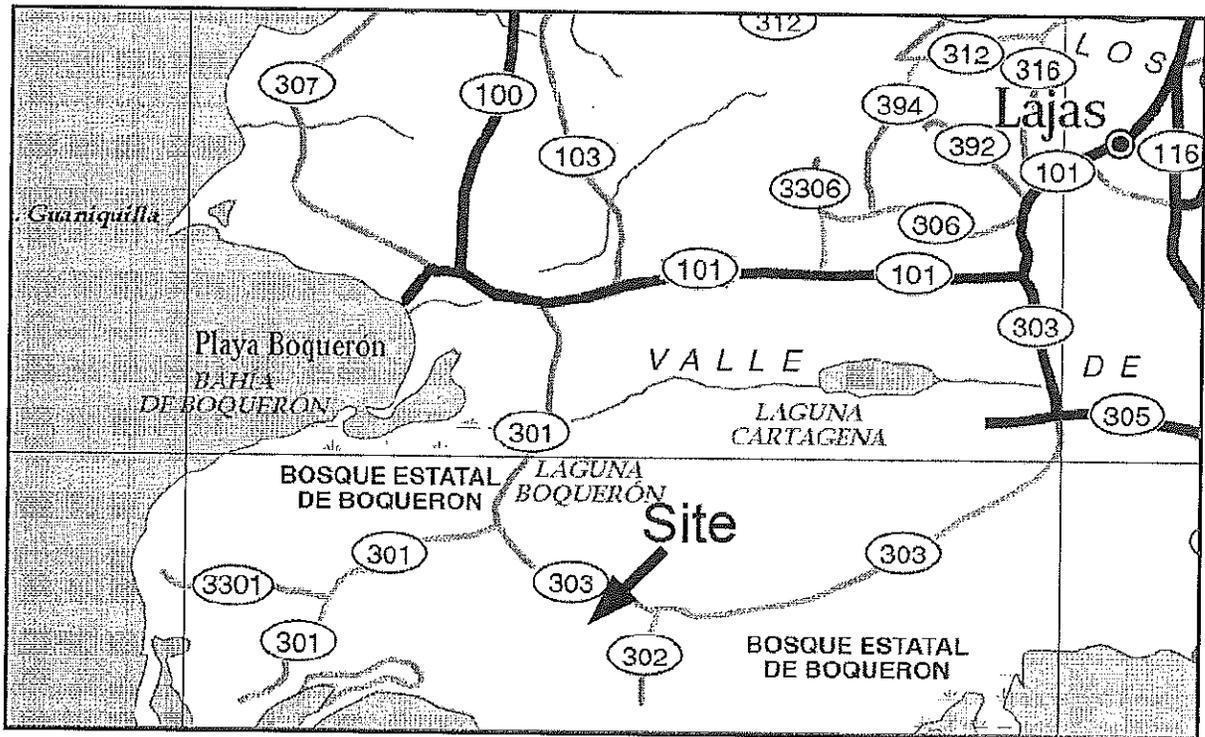


Figura 1 Mapa de Localización

### **3 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN EL TRÁNSITO DEBIDO A LA ACCIÓN PROPUESTA**

1. El martes 14 de noviembre de 2006 se realizaron conteos de vehículos en el área de estudio durante las 12 horas de mayor afluencia vehicular. Los horarios de conteos fueron realizados de 6:00 AM a 6:00 PM. Este conteo se hizo para determinar el número de vehículos usuarios de las vías de tránsito cercanas al área del proyecto. Las intersecciones medidas fueron las siguientes:
  - a. Int. PR-100 y PR-101
  - b. Int. PR-101 y PR 301
  - c. Int. PR-301 y PR-303
2. Dado que el proyecto no estará completado hasta aproximadamente el año 2016, los flujos del año 2006 fueron expandidos a ese año usando un factor de crecimiento anual.
3. Utilizando como referencia el Manual de Generación de Viajes del ITE se estimó el número de viajes que se generarían desde y hacia el proyecto propuesto.
4. Con toda la data recopilada se procedió a analizar las intersecciones en cuestión. Para realizar este análisis se utilizó el programa de computadoras Sidra Intersection 3.0. Las situaciones estudiadas fueron los períodos pico de la mañana y de la tarde con los flujos existentes, y las mismas situaciones al añadirse el crecimiento anual esperado y los flujos generados por el proyecto. Las intersecciones bajo estudio son las que se mencionaron anteriormente.

## 4 TEORÍA

### 4.1 Evaluación de Nivel de Servicio (LOS) para una intersección

El nivel de servicio es la metodología más conocida utilizada para la evaluación de una facilidad. El nivel de servicio representa las condiciones de operación de las intersecciones: el nivel de servicio "A" representa las condiciones excelentes de tránsito y el nivel "F", las peores condiciones. Tanto las intersecciones semaforizadas como las no semaforizadas pueden ser categorizadas utilizando esta metodología. Estos niveles de servicio a su vez se encuentran basados en las demoras promedio que tienen los vehículos en las intersecciones. A continuación se definen las categorías para cada nivel de servicio.

**LOS A: Excelente**

Esta es una condición de flujo libre, acompañada por bajos volúmenes de tránsito y altas velocidades. Hay poca o ninguna restricción en maniobrabilidad del conductor y los conductores pueden mantener sus deseadas velocidades con poco o ningún retraso.

**LOS B: Muy Buena**

En esta condición, las velocidades de operación comienzan a estar restringidas un tanto por las condiciones del tránsito. Los conductores aún tienen una libertad considerable para seleccionar su velocidad y carril de operación.

**LOS C: Buena**

Las velocidades y maniobrabilidad se vuelven más controladas por volúmenes de tránsito más altos. La mayoría de los conductores están restringidos en su libertad para seleccionar su propia velocidad, cambiar de carril o pasar.

**LOS D: Aceptable**

Este nivel de servicio se acerca a un flujo inestable, con velocidades operacionales tolerables siendo mantenidas, aunque considerablemente afectadas por los cambios en las condiciones operacionales. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar y la comodidad y conveniencia son bajas.

**LOS E: Capacidad**

El flujo de tránsito se vuelve inestable y podría haber paradas momentáneas.

**LOS F: Mala**

En esta condición, la velocidad operacional podría bajar a cero y resultar en colas de tránsito.

#### **4.2 Relación entre demoras y Nivel de Servicio**

La Tabla 1, muestra las diferentes relaciones entre el nivel de servicio y las demoras promedio por cada vehículo en las intersecciones controladas ya sea por semáforo, señales de PARE o CEDA, o en rotondas. (Manual de aaSIDRA 2.1. Estas demoras tienen como componentes la demora de viajar a través de la intersección más la demora de la detención como consecuencia de la intersección.

Tabla 1 Criterio del Nivel de Servicio para intersecciones

Nivel de Servicio	Demora de vehículos (segs.)	
	Semáforo y Rotonda	PARE y CEDA
A	$d \leq 10$	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$	$10 < d \leq 15$
C	$20 < d \leq 35$	$15 < d \leq 25$
D	$35 < d \leq 55$	$25 < d \leq 35$
E	$55 < d \leq 80$	$35 < d \leq 50$
F	$80 < d$	$50 < d$

### 4.3 Glosario

A continuación se presenta una lista de términos comunes en la práctica de la ingeniería de tránsito, según definidos por la Autoridad de Carreteras y Transportación.

1. **Acceso (intersección)** – está caracterizado por un grupo de carriles en una dirección de la intersección, incluyendo los movimientos a la izquierda, recto y a la derecha.
2. **ADT** – “Average Daily Traffic”, tránsito promedio diario en una facilidad de una carretera.
3. **Área de estudio** – área geográfica que contiene las intersecciones y segmentos más críticos de una carretera, los cuales se esperan sean afectados por el tránsito a ser generado por el desarrollo.
4. **Ciclo** – el período de tiempo requerido para una secuencia completa de indicaciones del semáforo.
5. **Desarrollo** – proyectos residenciales, comerciales, de oficinas, de hospederías e industriales, entre otros, que serán construidos en un predio de terreno sin desarrollar o que forman parte de una reconstrucción o expansión de una edificación existente.
6. **Día típico** – un martes, miércoles o jueves durante los días de clase entre los meses de enero a mayo y de agosto a diciembre. Para los usos comerciales, el sábado podrá incluirse entre los días típicos.
7. **Estudio operacional** – el análisis del impacto potencial al tránsito causado por un desarrollo propuesto. Este tipo de estudio dependerá del tipo y tamaño del proyecto. Para propósitos de este documento, un estudio operacional consistirá de un estudio de accesos o un estudio de tránsito.
8. **Factor de hora pico** – una medida de la fluctuación en la demanda vehicular dentro de la hora pico.

9. **Fase** – una parte del ciclo asignado a un movimiento de tránsito que tenga el derecho de paso o a una combinación de movimientos de tránsito que tengan simultáneamente el derecho de paso durante uno o más intervalos.
10. **Hora pico** – un período de una hora durante la mañana (AM) o durante la tarde (PM) que representa el volumen de tránsito más alto en el sistema, resultado de la suma de los volúmenes de cuatro (4) períodos de quince (15) minutos consecutivos.
11. **Modelos de micro-simulación** – modelos que simulan el movimiento individual de vehículos, basados en teorías de cambio de carril, dirección de los vehículos y forma de conducir.
12. **Nivel de servicio (“Level of Service” - LOS)** – una medida cualitativa que describe las condiciones operacionales de un componente del sistema de transportación. Generalmente descrito por los siguientes factores: velocidad, tiempo de viaje, demora, interrupciones en el tránsito y seguridad.
13. **Semáforo actuado** – un tipo de sistema de semáforos mediante el cual se varían los intervalos de tiempo de acuerdo con las demandas del tránsito registradas por la actuación de los detectores localizados en el pavimento de rodaje.
14. **Semáforo semi-actuado** – un tipo de sistema de semáforos donde los detectores son colocados en los accesos de menor flujo vehicular para permitirle prioridad de verde a los accesos principales.
15. **Semáforo de tiempo fijo** – un tipo de sistema de semáforos que opera con programas predeterminados de ciclos en intervalos.
16. **Volumen** – el número de personas o vehículos pasando por un punto de un carril o un segmento de carretera durante cierto intervalo de

## 5 ANÁLISIS DE TRÁNSITO

### 5.1 Afluencia vehicular

A modo de determinar el patrón de viajes actuales del sector se realizó un conteo manual en las intersecciones mencionadas anteriormente. Dichos conteos se realizaron en los periodos de 6:00 AM a 6:00 PM. Estas intersecciones son las críticas alrededor del proyecto.

Las tablas en el apéndice 1 ilustran el flujo vehicular obtenido mediante dichos conteos manuales. Para determinar la hora pico se buscaron los cuatro períodos consecutivos de 15 minutos con más flujo. Una vez se encontraba esta hora en los períodos AM y PM, se buscaba el período de 15 minutos con mayor flujo, y este valor multiplicado por cuatro era el que se utilizaba para la modelación. Dado que ya se está usando el valor del período de 15 minutos mas alto, el factor de hora pico a utilizarse es 1.0.

Los flujos mostrados están identificados por dos letras separadas por un guión. La primera representa el acceso de procedencia del movimiento en inglés: North, South, East & West. La segunda letra representa el tipo de movimiento: Left, Thru & Right.

Las siguientes tablas muestran los flujos vehiculares por acceso de las intersecciones estudiadas.

**Tabla 2 Flujos PR-100 y PR-101 (Condición Presente)**

2006	PR-101			N/A			PR-100			PR-101			Total
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T	W-R	
Pico AM	180	240	0	0	0	0	0	152	180	40	0	288	1080
Pico PM	444	260	0	0	0	0	0	328	280	460	0	248	2020

**Tabla 3 Flujos PR-101 y PR-301 (Condición Presente)**

2006	PR-301			PR-301			PR-101			N/A			Total
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T	W-R	
Pico AM	0	272	32	28	0	68	64	328	0	0	0	0	792
Pico PM	0	316	48	24	0	92	56	300	0	0	0	0	836

**Tabla 4 Flujos PR-301 y PR-303 (Condición Presente)**

2006	PR-301			PR-303			PR-301			N/A			Total
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T	W-R	
Pico AM	0	180	32	24	0	36	12	356	0	0	0	0	640
Pico PM	0	300	56	28	0	60	64	224	0	0	0	0	732

**Tabla 5 Flujos PR-303 frente al predio del Proyecto (Condición Presente)**

2006	Proyecto			PR-303			N/A			PR-303			Total
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T	W-R	
Pico AM	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	80	0	132
Pico PM	0	0	0	0	88	0	0	0	0	0	120	0	208

Los flujos de la última tabla fueron obtenidos mediante continuidad de la intersección de las carreteras PR-301 y PR-303.

## 5.2 Crecimiento Anual

Los flujos obtenidos en el año 2006 fueron expandidos al año 2016, cuando entendemos que el proyecto estará operando. Los flujos de la zona fueron expandidos utilizando un factor de crecimiento que nos fue brindada por la Oficina de Recopilación de Datos y Análisis de Tránsito de la Autoridad de Carreteras y Transportación. Para las intersecciones en las carreteras PR-301 y en la PR-303, el factor de crecimiento a 10 años es de 1.21. Para la intersección de la PR-100 y PR-101 el valor es de 1.19.

### 5.3 Generación de Viajes Margarita Reef

El proyecto consiste de la construcción de 590 unidades de vivienda multifamiliar. Para realizar el cómputo de la cantidad de viajes que generaría este proyecto se utilizó el Manual de Generación de Viajes de ITE. Se utilizó la categoría 230, Condominio / Townhouse, como uso de terreno, y como variable independiente se utilizó el número de unidades de vivienda. La siguiente tabla muestra los resultados de estos cálculos.

**Tabla 6 Generación de Viajes**

Uso	Categoría	Tamaño	Unidad	ADT			Pico AM			Pico PM		
				Total	In	Out	Total	In	Out	Total	In	Out
Res. Condominium	230	590	Apts.	2,902	1,451	1,451	214	36	177	258	173	85

### 5.4 Distribución de Viajes

Para la distribución de viajes presumimos que 90% de los viajes generados por el desarrollo se dirigiría hacia y desde el Oeste y 10% desde y hacia el Este por la PR-303. El 90% del Oeste al llegar a la intersección de la PR-303 y la PR-301 se dirigirá en su totalidad hacia y desde el Norte por la PR-301. Al llegar a la intersección de la PR-301 y la PR-101 se dividirán en 10% desde y hacia el Este y 80% desde y hacia el Noroeste por la PR-101. Los viajes de la PR-101 al llegar a la intersección con la PR-100 continuarían hacia el Norte.

### 5.5 Tránsito Futuro

Para la modelación de la situación futura se tomaron los flujos de la situación base, se multiplicaron por el factor de crecimiento anual y se le añadieron los flujos que se obtuvieron en la etapa de generación de viajes, repartidos de acuerdo a la

distribución que se explicó anteriormente más el crecimiento anual esperado. Las siguientes tablas muestran los flujos modelados.

**Tabla 7 Flujos PR-100 y PR-101 (Condición Futuro)**

2016	PR-101			N/A			PR-100			PR-101			Total
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T	W-R	
Pico AM	214	428	0	0	0	0	0	210	214	48	0	343	1457
Pico PM	528	377	0	0	0	0	0	528	333	547	0	295	2608

**Tabla 8 Flujos Int. PR-101 y PR-301 (Condición Futuro)**

2016	PR-301			PR-301			PR-101			N/A			Total
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T	W-R	
Pico AM	0	471	57	38	0	82	77	426	0	0	0	0	1151
Pico PM	0	450	67	46	0	111	68	501	0	0	0	0	1243

**Tabla 9 Flujos Int. PR-301 y PR-303 (Condición Futuro)**

2016	PR-301			PR-303			PR-301			N/A			Total
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T	W-R	
Pico AM	0	218	39	29	0	204	48	431	0	0	0	0	969
Pico PM	0	363	68	34	0	150	232	271	0	0	0	0	1118

**Tabla 10 Flujos Int. PR-303 y Acceso Proyecto (Condición Futuro)**

2016	Proyecto			PR-303			N/A			PR-303			Total
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T	W-R	
Pico AM	160	0	18	4	63	0	0	0	0	0	97	33	375
Pico PM	77	0	9	17	106	0	0	0	0	0	145	155	509

## 5.6 Modelación de Tránsito

Para la evaluación de las intersecciones afectadas se utilizó el programa SIDRA INTERSECTION 3.1. Este modelo permite la evaluación de intersecciones semaforizadas y de prioridad, además de la optimización de las de semáforo, y es el preferido debido a su capacidad de predicción, aún en situaciones de

sobresaturación. Se realizaron modelaciones para los períodos pico de la mañana y de la tarde para la situación actual y la situación futura.

#### **5.6.1 Intersección PR-100 y PR-101**

Esta intersección es controlada por un semáforo, con una geometría de "T". La carretera PR-100 compone el acceso norte. La carretera PR-101 compone los accesos oeste y sur. Cada acceso está compuesto por un carril de acceso y uno de egreso de 3.5 metros de ancho cada uno. Además el acceso Norte y el Este tienen un carril corto de viraje a la izquierda. El acceso Sur tiene un carril de viraje a la izquierda. La siguiente figura muestra un croquis de esta intersección, seguida por una tabla que muestra los resultados obtenidos para las distintas situaciones modeladas.

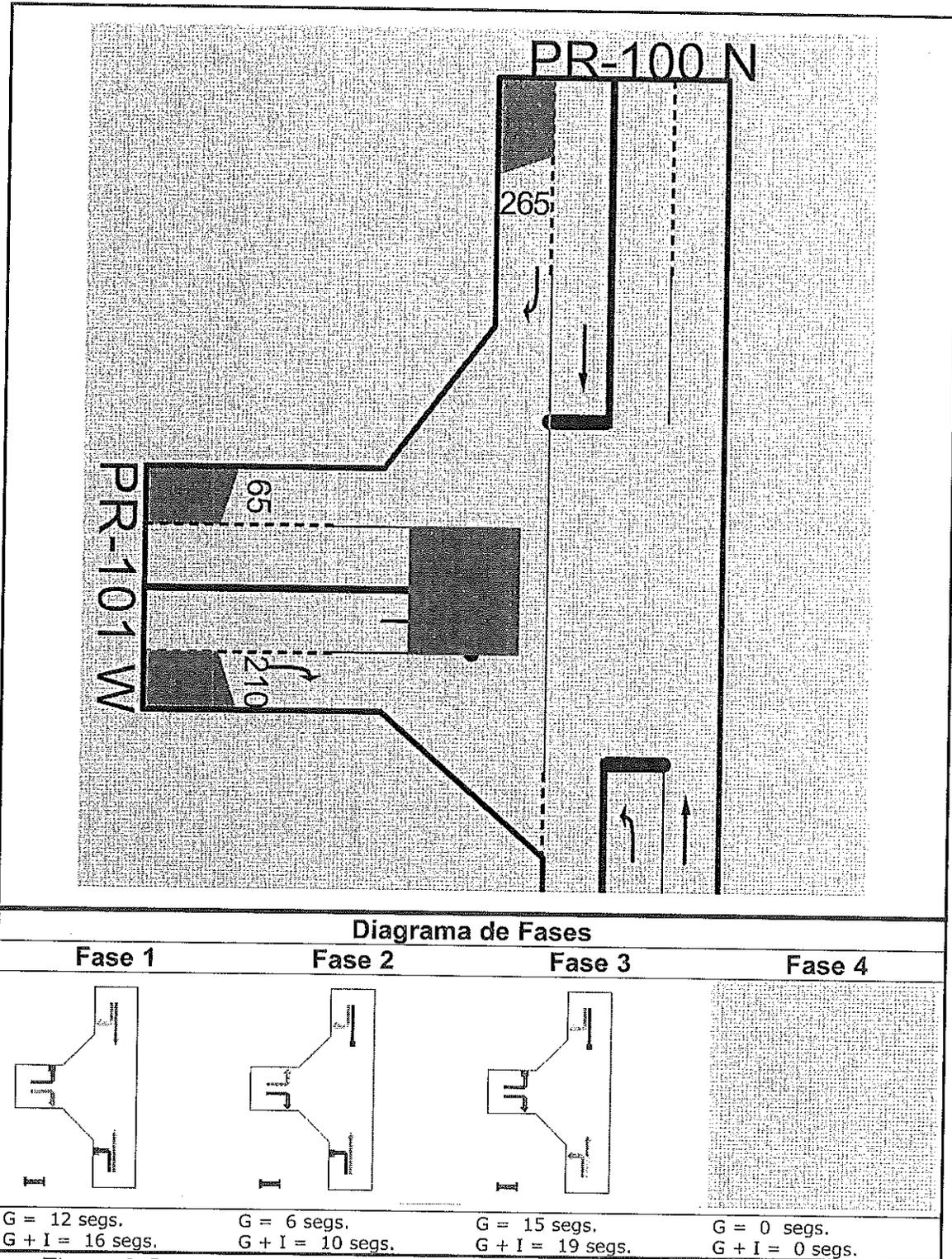


Figura 2 Croquis y Diagrama de Fases Int. PR-100 y PR-101

**Tabla 11 Resultados Modelación Int. PR-100 y PR-101**

		Demora Promedio por Vehículo [seg.], Nivel de Servicio (LOS) y Cola Promedio [metros]												
		Acceso Sur PR-101		Acceso Este N/A		Acceso Norte PR-100		Acceso Oeste PR-101		Demora y LOS Total Int.				
		Demora y LOS	Cola	Demora y LOS	Cola	Demora y LOS	Cola	Demora y LOS	Cola					
<b>Base 2006</b>														
<b>AM</b>	Izquierda	20.6	A	4	--	--	--	--	--	28.1	C	2	10.1 B	
	Recto	0.0	A	4	--	--	--	14.7	B	4	--	--		
	Derecha	--	--	--	--	--	--	7.6	A	3	8.5	A		1
	<b>Acceso</b>	<b>8.8</b>	<b>A</b>	<b>4</b>	--	--	--	<b>10.9</b>	<b>B</b>	<b>4</b>	<b>10.9</b>	<b>B</b>		<b>2</b>
<b>PM</b>	Izquierda	35.5	D	24	--	--	--	--	--	35.3	D	24	22.2 C	
	Recto	0.0	A	4	--	--	--	25.3	C	16	--	--		
	Derecha	--	--	--	--	--	--	7.6	A	5	9.7	A		1
	<b>Acceso</b>	<b>22.4</b>	<b>C</b>	<b>24</b>	--	--	--	<b>17.1</b>	<b>B</b>	<b>16</b>	<b>26.3</b>	<b>C</b>		<b>24</b>
<b>Futuro 2016</b>														
<b>AM</b>	Izquierda	23.2	C	6	--	--	--	--	--	37.0	D	3	10.2 B	
	Recto	0.0	A	7	--	--	--	16.4	B	7	--	--		
	Derecha	--	--	--	--	--	--	7.6	A	4	8.8	A		1
	<b>Acceso</b>	<b>7.7</b>	<b>A</b>	<b>6</b>	--	--	--	<b>12.0</b>	<b>B</b>	<b>7</b>	<b>12.2</b>	<b>B</b>		<b>3</b>
<b>PM</b>	Izquierda	53.5	D	46	--	--	--	--	--	64.5	E	60	38.7 D	
	Recto	0.0	A	6	--	--	--	57.0	E	58	--	--		
	Derecha	--	--	--	--	--	--	7.6	A	6	16.2	B		5
	<b>Acceso</b>	<b>31.2</b>	<b>C</b>	<b>46</b>	--	--	--	<b>37.9</b>	<b>D</b>	<b>58</b>	<b>47.6</b>	<b>D</b>		<b>60</b>

Como se puede notar, esta intersección podrá manejar el aumento esperado en flujo. Sólo se necesita la optimización de los tiempos del semáforo.

**5.6.2 Intersección PR-101 y PR-301**

Esta intersección es controlada por prioridad, en una configuración de "T". La PR-101 es el acceso norte, y tiene un carril de egreso y uno de acceso de 3.3 metros de ancho y un carril de viraje a la izquierda de 3.2 metros de ancho y 40

metros de largo. La PR-301 compone los accesos este y sur. El acceso este está compuesto por un carril de viraje a la izquierda en de 4 metros de ancho y un carril de viraje a la derecha de 5 metros de ancho y 38 metros de largo. En el acceso sur hay un carril de viraje a la derecha de 3.5 metros de ancho y 60 metros de largo. El carril para el movimiento recto tiene un ancho de 3.3 metros.

La siguiente figura muestra un croquis de esta intersección.

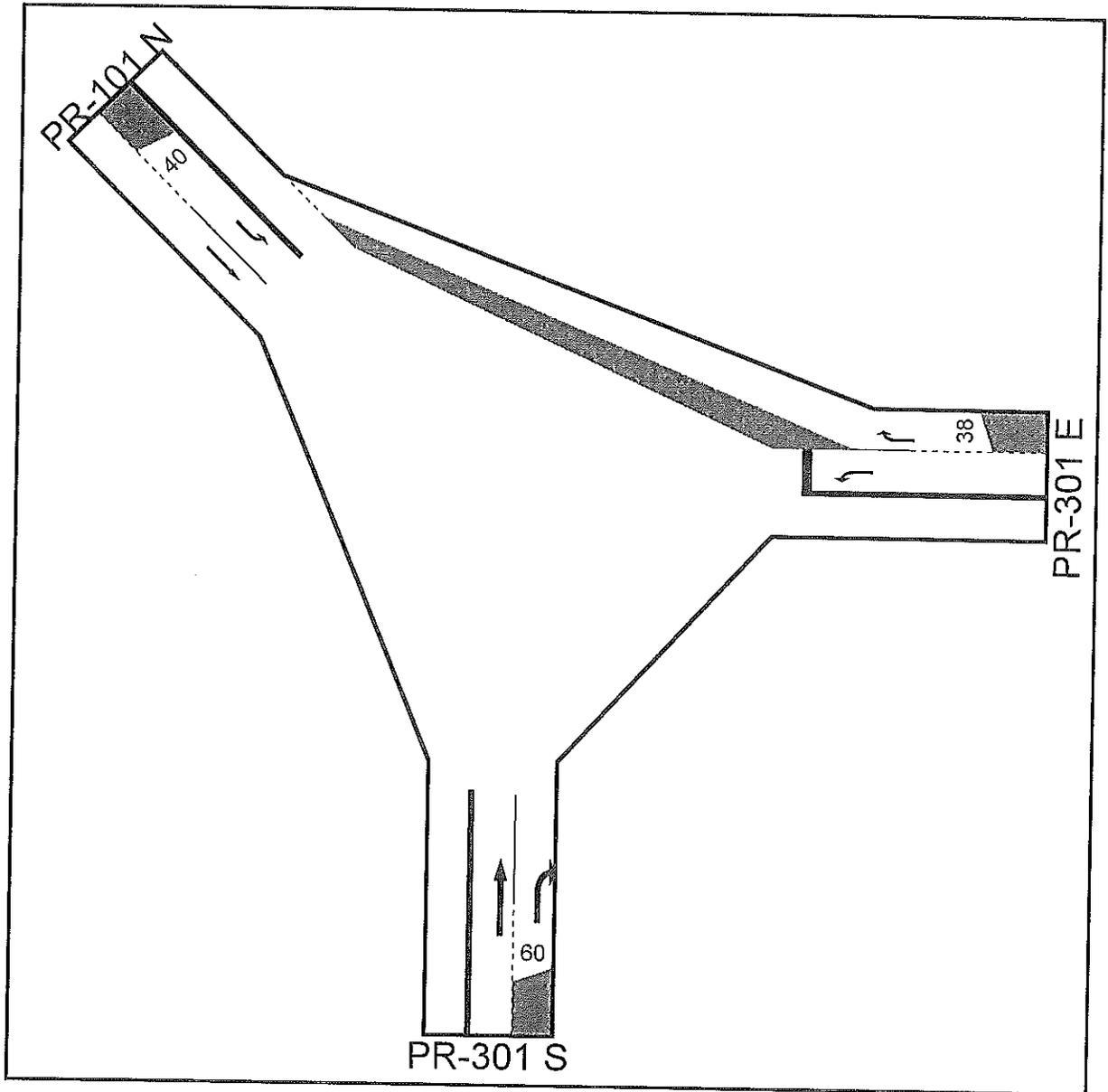


Figura 3 Croquis Int. PR-101 y PR-301

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para las distintas situaciones modeladas.

**Tabla 12 Resultados Modelación Int. PR-101 y PR-301**

		Demora Promedio por Vehículo [seg.], Nivel de Servicio (LOS) y Cola Promedio [metros]												
		Acceso Sur PR-301			Acceso Este PR-301			Acceso Norte PR-101		Acceso Oeste N/A			Demora y LOS Total Int.	
		Demora y LOS	Cola		Demora y LOS	Cola		Demora y LOS	Cola	Demora y LOS	Cola			
<b>Base 2006</b>														
AM	Izquierda	--	--	--	13.6	B	0	8.9	A	0	--	--	--	7.7
	Recto	6.7	A	0	--	--	0	7.5	A	0	--	--	--	
	Derecha	8.2	A	0	8.6	A	0	--	--	--	--	--	--	
	Acceso	6.9	A	0	10.1	B	0	7.7	A	0	--	--	--	
PM	Izquierda	--	--	--	13.7	B	0	9.3	A	0	--	--	--	7.7
	Recto	6.7	A	0	--	--	--	7.5	A	0	--	--	--	
	Derecha	8.2	A	0	8.9	A	0	--	--	--	--	--	--	
	Acceso	6.9	A	0	9.9	A	0	7.8	A	0	--	--	--	
<b>Futuro 2016</b>														
AM	Izquierda	--	--	--	16.2	C	0	10.3	B	0	--	--	--	7.8
	Recto	6.7	A	0	--	--	--	7.5	A	0	--	--	--	
	Derecha	8.2	A	0	9.9	A	0	--	--	--	--	--	--	
	Acceso	6.9	A	0	11.9	B	0	7.9	A	0	--	--	--	
PM	Izquierda	--	--	--	16.9	C	1	10.3	B	0	--	--	--	8.0
	Recto	6.7	A	0	--	--	--	7.5	A	0	--	--	--	
	Derecha	8.2	A	0	9.8	A	1	--	--	--	--	--	--	
	Acceso	6.9	A	0	11.9	B	1	7.8	A	0	--	--	--	

Se desprende de nuestras modelaciones que la intersección estudiada tiene la capacidad para manejar sin dificultad el aumento esperado en el tránsito en el escenario futuro sin necesidad de mejoras geométricas.

### **5.6.3 Intersección PR-301 y PR-303**

Esta intersección es controlada por prioridad, en una configuración de "T". La carretera PR-303 compone el acceso este, y tiene un carril de egreso de 3.85 metros de ancho, un carril de viraje a la izquierda de 3.15 metros de ancho y un carril corto de viraje a la derecha de 5 metros de ancho y 55 metros de largo. La PR-301 compone los accesos norte y sur. El acceso Sur está compuesto por 1 carril de egreso y dos en el acceso subdivididos en un carril corto de viraje a la derecha con 4 metros de ancho y 75 metros de largo, y 1 carril de 3.1 metros de ancho. El acceso Norte está constituido por 1 carril en el egreso y 2 en el acceso; 1 carril de 4.3 metros de ancho y uno de viraje a la izquierda de 3.3 metros de ancho y 24 metros de largo. La siguiente figura muestra un croquis de esta intersección.

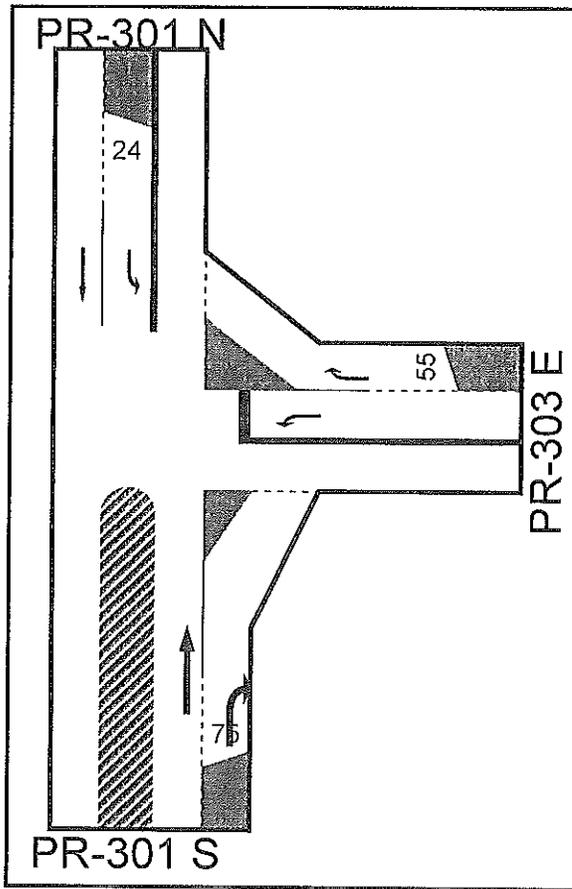


Figura 4 Croquis Int. PR-301 y PR-303

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para las distintas situaciones modeladas.

**Tabla 13 Resultados Modelación Int. PR-301 y PR-303**

		Demora Promedio por Vehículo [seg.], Nivel de Servicio (LOS) y Cola Promedio [metros]											
		Acceso Sur PR-301		Acceso Este PR-303		Acceso Norte PR-301		Acceso Oeste N/A		Demora y LOS Total Int.			
		Demora y LOS	Cola	Demora y LOS	Cola	Demora y LOS	Cola	Demora y LOS	Cola				
<b>Base 2006</b>													
AM	Izquierda	--	--	--	18.0	C	0	9.0	A	0	--	--	1.7
	Recto	0.0	A	0	--	--	--	0.0	A	0	--	--	
	Derecha	7.6	A	0	8.5	A	0	--	--	--	--	--	
	Acceso	1.1	A	0	12.3	B	0	0.3	A	0	--	--	
PM	Izquierda	--	--	--	19.2	C	0	9.7	A	0	--	--	2.9
	Recto	0.0	A	0	--	--	--	0.0	A	0	--	--	
	Derecha	7.6	A	0	9.3	A	0	--	--	--	--	--	
	Acceso	1.2	A	0	12.5	B	0	2.3	A	0	--	--	
<b>Futuro 2016</b>													
AM	Izquierda	--	--	--	20.8	C	1	9.0	A	0	--	--	3.3
	Recto	0.0	A	0	--	--	--	0.0	A	0	--	--	
	Derecha	7.6	A	0	8.7	A	0	--	--	--	--	--	
	Acceso	1.3	A	0	10.2	B	1	0.9	A	0	--	--	
PM	Izquierda	--	--	--	28.2	D	1	10.5	B	1	--	--	4.8
	Recto	0.0	A	0	--	--	--	0.0	A	0	--	--	
	Derecha	7.6	A	0	10.1	B	1	--	--	--	--	--	
	Acceso	1.2	A	0	13.4	B	1	4.8	A	1	--	--	

Como se puede notar, esta intersección está operando en niveles de servicio excelentes en la actualidad, y se mantendrá funcionando de esta manera en el escenario futuro.

#### 5.6.4 Intersección PR-303 y Acceso al Desarrollo

Esta intersección será controlada por prioridad, en una configuración de "T". La carretera PR-303 compone los accesos Este y Oeste con un carril por dirección de 4 metros de ancho. El acceso al desarrollo estará en el lado sur y se compondrá de un carril por dirección. La siguiente figura muestra un croquis de esta intersección.

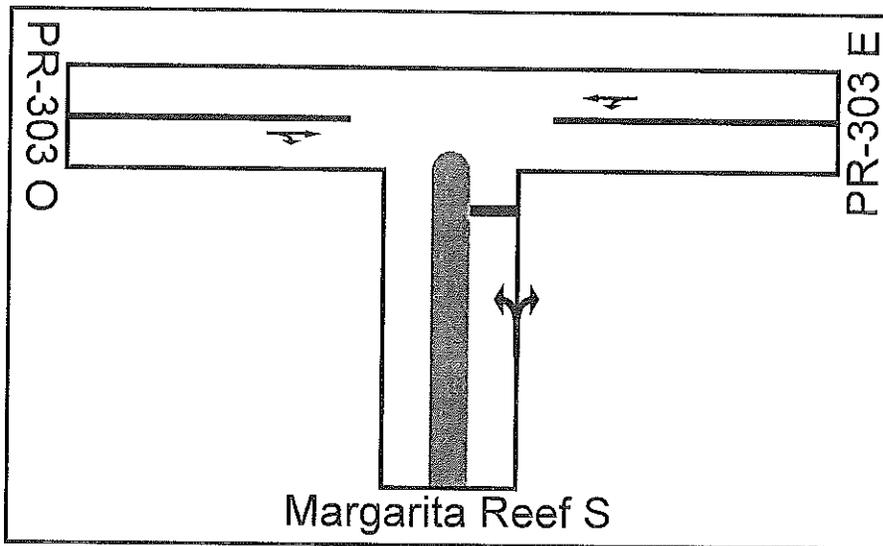


Figura 5 Croquis PR-303 y Acceso "Margarita Reef"

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para las distintas situaciones modeladas.

**Tabla 14 Resultados Modelación Int. PR-303 y Acceso Proyecto**

		Demora Promedio por Vehículo [seg.], Nivel de Servicio (LOS) y Cola Promedio [metros]												
		Acceso Sur Proyecto		Acceso Este PR-303		Acceso Norte N/A		Acceso Oeste PR-303		Demora y LOS Total Int.				
		Demora y LOS	Cola	Demora y LOS	Cola	Demora y LOS	Cola	Demora y LOS	Cola					
<b>Futuro 2016</b>														
<b>AM</b>	Izquierda	11.4	B	0	8.6	A	0	--	--	--	--	--	6.3	
	Recto	--	--	--	0.5	A	0	--	--	--	0.0	A		0
	Derecha	11.4	B	0	--	--	--	--	--	--	8.2	A		0
	Acceso	11.4	B	0	1.0	A	0	--	--	--	2.1	A		0
<b>PM</b>	Izquierda	12.1	B	0	9.5	A	0	--	--	--	--	--	5.1	
	Recto	--	--	--	1.4	A	0	--	--	--	0.0	A		0
	Derecha	12.1	B	0	--	--	--	--	--	--	8.2	A		0
	Acceso	12.1	B	0	2.5	A	0	--	--	--	4.2	A		0

Esta intersección operara al momento de apertura del desarrollo en niveles excelentes.

En el apéndice 3 se muestran fotografías de las intersecciones analizadas, seguido por el apéndice 4, donde se muestran los resultados de las modelaciones de SIDRA. La versión electrónica de dichas modelaciones está disponible para la revisión de las agencias gubernamentales comunicándose a nuestra oficina vía telefónica o a la dirección de correo electrónico: [info@trafficpr.com](mailto:info@trafficpr.com).

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Luego de analizar los resultados de las modelaciones incluidas en este estudio podemos concluir que el proyecto Margarita Reef es uno viable en el área donde se pretende su construcción. La construcción del proyecto no requiere la construcción de mejoras mayores en la red vial existente. Sin embargo, se debe optimizar los tiempos de los semáforos del área, lo que debe ser parte de un proceso regular en el proceso de mantenimiento de sistemas de semáforos.

## 7 CERTIFICACIÓN

Certifico que la información presentada en este estudio es cierta, correcta y completa, y que fue obtenida utilizando los criterios de la practica usual y aceptada de la ingeniería de tránsito

  
Carlos M. Contreras, PE, PTOE  
Lic. 13395



## **8 REFERENCIAS**

1. Trip Generation Manual, Institute of Transportation Engineers, 7<sup>th</sup> edition, 2003
2. Trip Generation Handbook: An ITE Recommended Practice, Institute of Transportation Engineers, March 2001
3. SIDRA 3.1 User Manual
4. Guías para la Preparación de Estudios Operacionales de Accesos y de Tránsito para Puerto Rico, Autoridad de Carretera y Transportación, 2004

## **9 APÉNDICES**

### **9.1 Apéndice 1: Flujos Obtenidos Mediante Conteos**

Estudio de Tránsito Margarita Reef

Conteo PR-100 y PR-101

Beginning of Period	Movement											Total	
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T		W-R
6:00	24	27						23	20	16		32	142
6:15	30	28						32	27	19		53	189
6:30	38	31						36	37	19		54	215
6:45	37	33						41	50	15		47	223
7:00	49	44						33	34	9		44	213
7:15	46	49						29	33	13		45	215
7:30	45	60						38	45	10		72	270
7:45	52	51						29	43	16		63	254
8:00	55	59						41	41	22		41	259
8:15	32	69						40	49	14		41	245
8:30	33	57						38	45	15		34	222
8:45	39	49						38	47	24		52	249
9:00	32	37						32	44	29		55	229
9:15	38	48						36	62	43		53	280
9:30	39	27						39	48	30		60	243
9:45	37	37						32	55	48		59	268
10:00	42	27						53	52	49		57	280
10:15	58	44						52	56	46		66	322
10:30	66	56						39	62	55		39	317
10:45	69	26						38	68	55		33	289
11:00	64	60						39	66	69		32	330
11:15	60	46						55	61	67		34	323
11:30	66	50						61	64	90		38	369
11:45	62	69						56	62	69		65	383
12:00	85	68						54	58	83		66	414
12:15	89	39						57	64	87		60	396
12:30	85	76						52	55	89		52	409
12:45	88	37						52	54	77		61	369
13:00	87	68						45	53	67		52	372
13:15	92	59						49	64	70		55	389
13:30	73	55						62	54	60		55	359
13:45	77	76						67	59	88		49	416
14:00	77	59						78	47	73		57	391
14:15	79	75						77	55	80		63	429
14:30	73	56						81	61	89		66	426
14:45	85	74						79	57	90		65	450
15:00	88	68						73	59	90		57	435
15:15	89	75						63	61	90		62	440
15:30	91	56						89	56	82		66	440
15:45	97	73						68	62	105		56	461
16:00	92	99						63	54	106		65	479
16:15	111	65						82	70	115		62	505
16:30	104	62						80	53	96		63	458
16:45	110	64						88	58	86		61	467
17:00	79	87						86	64	101		55	472
17:15	75	73						81	53	97		59	438
17:30	85	48						83	45	73		42	376
17:45	83	66						62	60	88		33	392

Conteo PR-101 y PR-301

Beginning of Period	Movement												Total
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T	W-R	
6:00		47	4	4		12	8	35					110
6:15		49	3	5		13	11	47					128
6:30		52	7	7		12	14	45					137
6:45		55	8	6		15	12	39					135
7:00		59	7	5		17	14	38					140
7:15		67	7	4		14	12	39					143
7:30		69	6	2		15	13	44					149
7:45		66	9	3		19	15	68					180
8:00		66	8	8		19	13	79					193
8:15		68	8	7		17	16	82					198
8:30		54	7	5		19	16	88					189
8:45		53	5	6		20	11	85					180
9:00		51	7	4		17	13	89					181
9:15		50	7	5		20	20	85					187
9:30		46	8	5		22	22	85					188
9:45		41	9	7		19	19	72					167
10:00		48	7	7		24	17	62					165
10:15		52	6	4		21	26	59					168
10:30		55	7	4		21	17	56					160
10:45		42	5	1		14	20	46					128
11:00		30	5	2		24	17	45					123
11:15		39	8	6		18	23	44					138
11:30		32	8	5		13	20	57					135
11:45		46	9	5		16	18	59					153
12:00		47	9	4		30	28	62					180
12:15		46	7	5		21	17	51					147
12:30		39	6	5		21	21	50					142
12:45		39	10	7		20	19	52					147
13:00		38	11	6		10	20	59					144
13:15		39	9	9		19	17	54					147
13:30		44	9	4		15	14	52					138
13:45		47	6	4		22	16	56					151
14:00		45	10	5		31	30	59					180
14:15		46	14	4		22	24	58					168
14:30		39	16	5		21	24	57					162
14:45		49	13	7		25	23	59					176
15:00		42	12	5		25	19	58					161
15:15		44	11	5		14	17	57					148
15:30		43	10	6		24	14	67					164
15:45		79	12	6		23	14	75					209
16:00		82	11	5		20	11	77					206
16:15		89	8	7		21	10	72					207
16:30		80	9	5		11	10	78					193
16:45		69	9	6		19	11	72					186
17:00		84	4	4		17	12	79					200
17:15		79	6	4		14	14	73					190
17:30		85	2	7		12	11	71					188
17:45		68	5	5		10	12	66					166

Conteo PR-301 y PR-303

Beginning of Period	Movement												Total
	S-L	S-T	S-R	E-L	E-T	E-R	N-L	N-T	N-R	W-L	W-T	W-R	
6:00		47	8	4		2	6	33					100
6:15		45	7	3		3	5	52					115
6:30		54	9	5		2	3	54					127
6:45		62	5	4		5	7	36					119
7:00		58	9	4		7	5	39					122
7:15		66	7	4		4	4	38					123
7:30		67	5	3		5	2	50					132
7:45		56	11	5		9	5	66					152
8:00		55	10	3		9	4	71					152
8:15		39	11	6		7	9	78					150
8:30		45	8	6		9	3	89					160
8:45		39	9	1		10	6	74					139
9:00		33	5	3		7	6	73					127
9:15		37	4	10		10	5	70					136
9:30		34	3	2		10	9	66					124
9:45		31	3	5		9	6	56					110
10:00		39	7	3		6	3	42					100
10:15		50	10	4		5	7	42					118
10:30		34	14	5		8	12	43					116
10:45		35	5	4		6	5	31					86
11:00		20	4	1		7	2	39					73
11:15		37	4	3		6	7	32					89
11:30		32	13	7		5	6	44					107
11:45		45	10	5		8	8	48					124
12:00		44	20	5		9	9	49					136
12:15		38	17	2		5	2	39					103
12:30		32	12	6		6	5	35					96
12:45		37	10	3		10	3	39					102
13:00		42	15	5		5	13	41					121
13:15		41	12	5		3	6	50					117
13:30		48	13	1		2	1	53					118
13:45		51	14	5		7	4	62					143
14:00		44	16	4		8	5	64					141
14:15		52	13	4		9	5	47					130
14:30		38	9	4		7	6	44					108
14:45		60	7	5		9	17	52					150
15:00		37	5	4		7	8	40					101
15:15		37	14	6		8	11	56					132
15:30		45	4	8		6	7	61					131
15:45		72	12	10		12	8	72					186
16:00		75	14	7		15	16	56					183
16:15		77	12	7		13	7	55					171
16:30		69	10	10		10	17	47					163
16:45		60	17	3		4	23	39					146
17:00		74	11	4		4	13	58					164
17:15		72	12	8		3	10	53					158
17:30		77	14	7		7	11	50					166
17:45		52	10	6		5	8	48					129

## 9.2 Apéndice 2: Listado de Archivos de Modelaciones

Archivo	Lugar	Periodo
MARGARITA REEF.aap	01 Int. PR-100 y PR-101	Pico AM Base
MARGARITA REEF.aap	01 Int. PR-100 y PR-101	Pico PM Base
MARGARITA REEF.aap	01 Int. PR-100 y PR-101	Pico AM Futuro
MARGARITA REEF.aap	01 Int. PR-100 y PR-101	Pico PM Futuro
MARGARITA REEF.aap	02 Int. PR-101 y PR-301	Pico AM Base
MARGARITA REEF.aap	02 Int. PR-101 y PR-301	Pico PM Base
MARGARITA REEF.aap	02 Int. PR-101 y PR-301	Pico AM Futuro
MARGARITA REEF.aap	02 Int. PR-101 y PR-301	Pico PM Futuro
MARGARITA REEF.aap	03 Int. PR-301 y PR-303	Pico AM Base
MARGARITA REEF.aap	03 Int. PR-301 y PR-303	Pico PM Base
MARGARITA REEF.aap	03 Int. PR-301 y PR-303	Pico AM Futuro
MARGARITA REEF.aap	03 Int. PR-301 y PR-303	Pico PM Futuro
MARGARITA REEF.aap	04 Int. PR 303 y Acceso Proyecto	Pico AM Futuro
MARGARITA REEF.aap	04 Int. PR 303 y Acceso Proyecto	Pico PM Futuro

9.3 Apéndice 3: Fotografías de las intersecciones

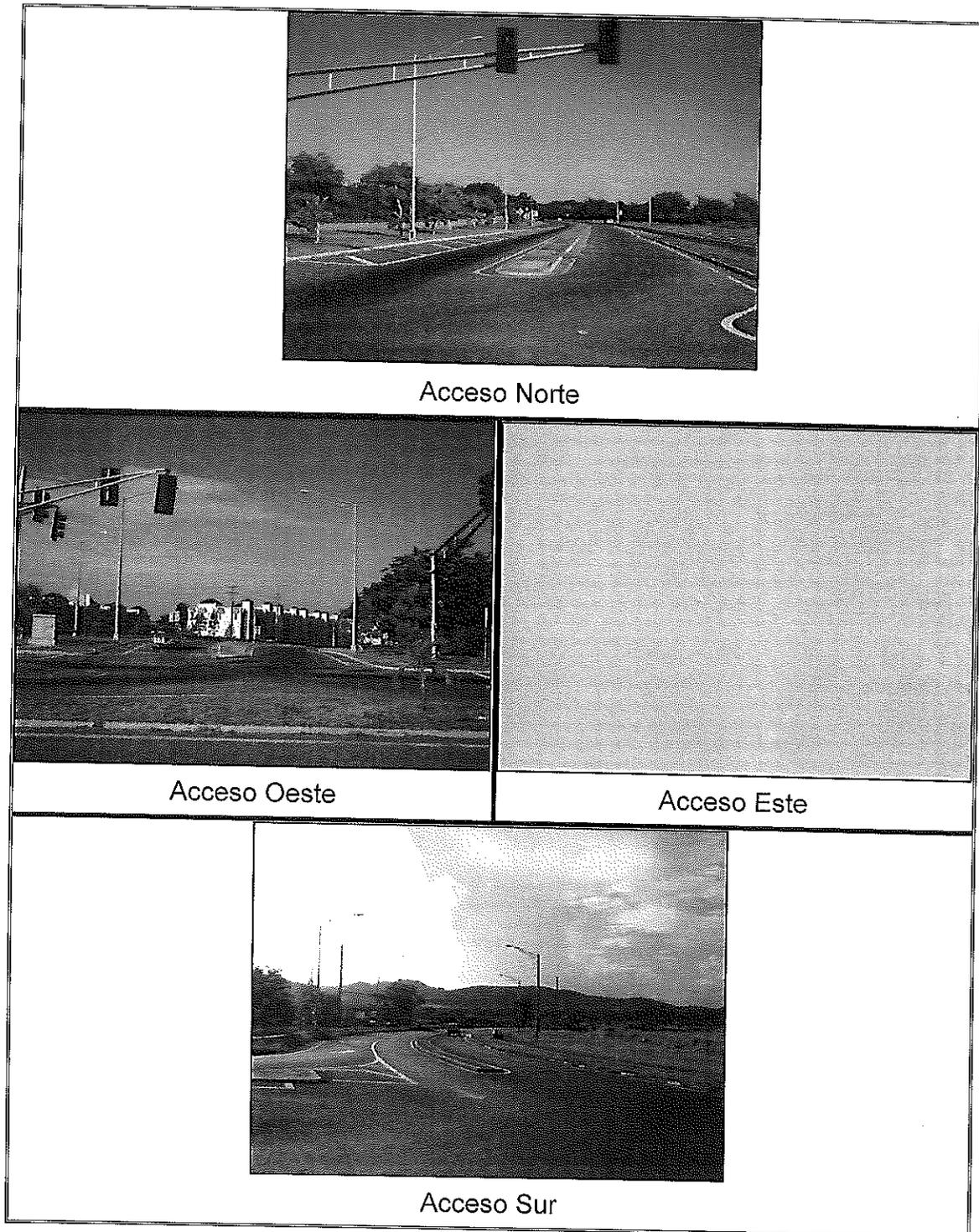


Figura 6 Fotografías Accesos Int. PR-100 y PR-101

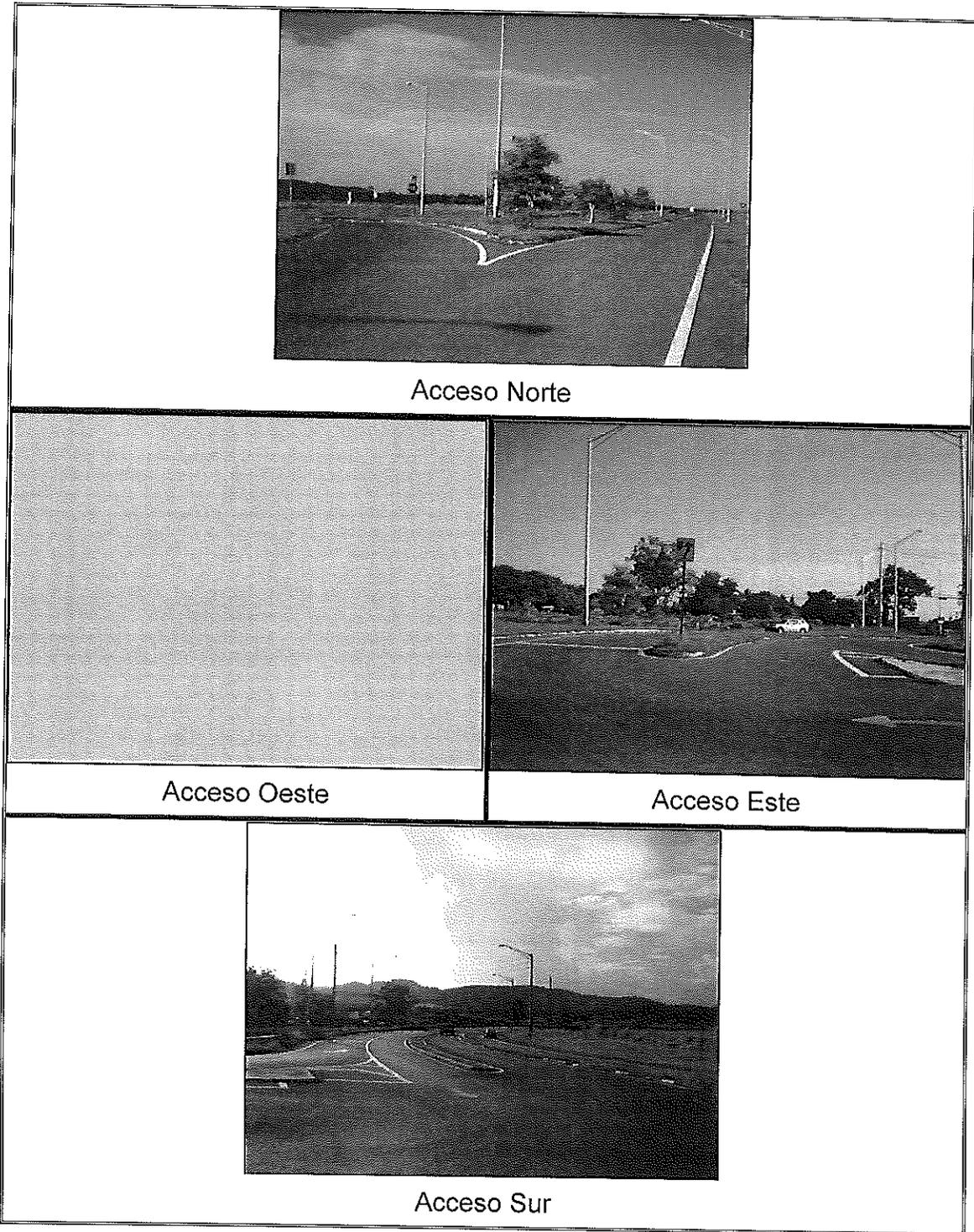


Figura 7 Fotografías Accesos Int. PR-101 y PR-301

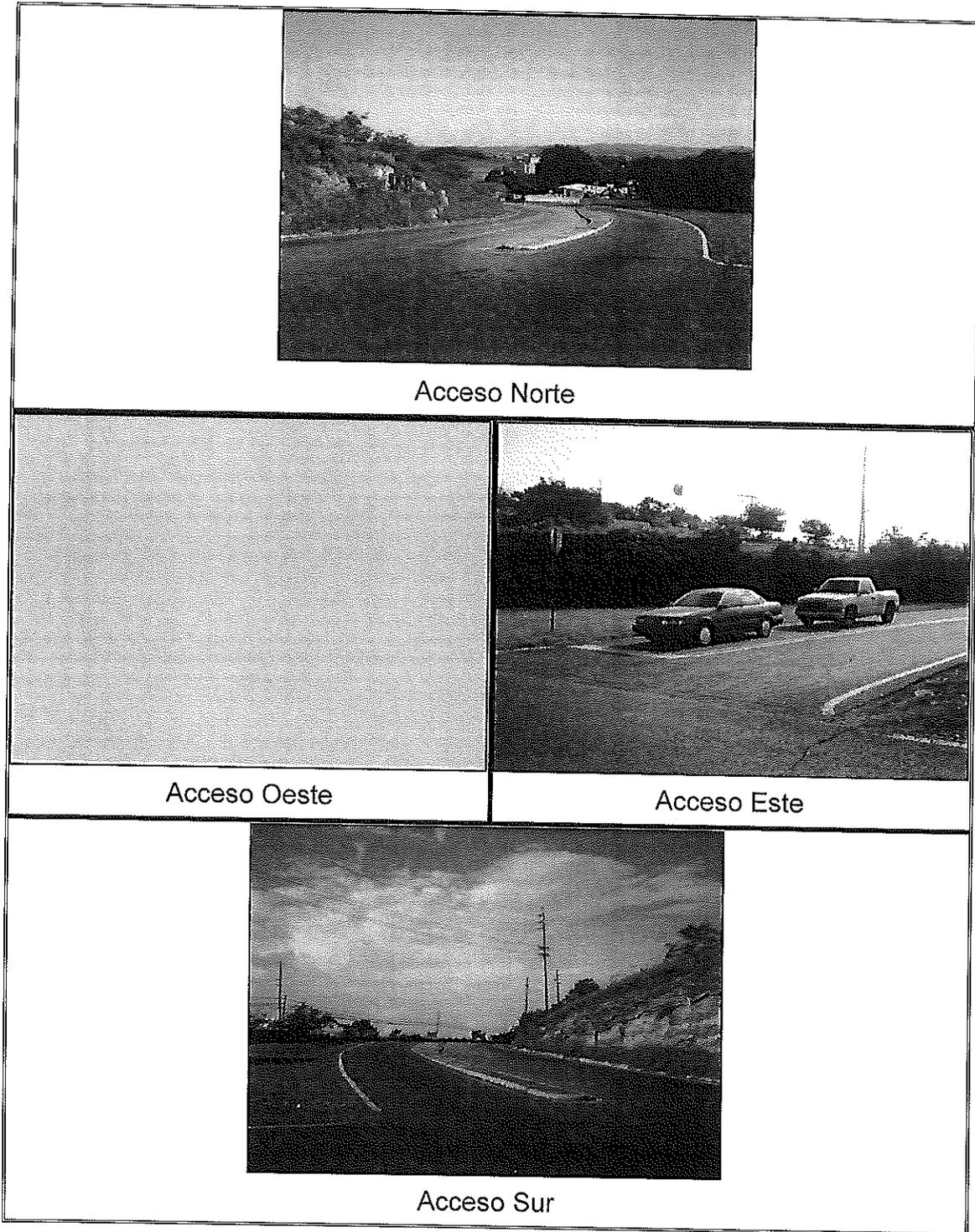


Figura 8 Fotografías Accesos Int. PR-301 y PR-303

**9.4 Apéndice 4: Resultados modelaciones**