

**ESTUDIO HIDROLÓGICO  
AMBIENTAL  
PARA EL EXPRESO PR-22  
CORREDOR HATILLO-AGUADILLA  
INFORME FINAL**

**Sometido a  
GUILLERMETY, ORTIZ & ASSOCIATES**

**Consultores**

**Preparado por  
IVÁN VELÁSQUEZ VELAZQUEZ & ASSOCIATES  
Consultores Hidrológicos e Hidráulicos**

**MAYO DE 2006**

## TABLA DE CONTENIDO

---

	Página
Lista de Figuras .....	iii
Lista de Tablas .....	iv
I.    Introducción y Propósito .....	1
II.   Alcance del Trabajo.....	2
III.  CUENCAS DE DRENAJE PRINCIPALES SUPERFICIE IMPORTANTES DE CUENCA DE ESCORRENTÍA .....	3
1.  RÍO CAMUY .....	4
HIDROLOGÍA GENERAL DEL RÍO CAMUY.....	5
HIDRÁULICA GENERAL DEL RÍO CAMUY .....	7
2.  RÍO GUAJATACA.....	8
HIDROLOGÍA GENERAL DEL RÍO GUAJATACA.....	12
HIDRÁULICA GENERAL DEL RÍO GUAJATACA.....	12
3.  RÍO CULEBRINAS Y CAÑO MADRE VIEJA.....	13
HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA GENERAL DEL RÍO CULEBRINAS Y CAÑO MADRE VIEJA.....	14
IV.  CUENCAS DE DRENAJE MENORES - ANÁLISIS REGIONAL .....	16
1.  QUEBRADA LA SEQUÍA .....	18
2.  QUEBRADA LA SECA .....	19

V.	CONDICIONES NATURALES Y HECHAS POR EL HOMBRE QUE PUDIERAN SER AFECTADAS .....	20
1.	CANAL PRINCIPAL Y CANAL MOCA.....	20
2.	EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA .....	21
3.	SUMIDEROS.....	26
VI.	INUNDACIONES A LO LARGO DE LA CARRETERA PR-2 EXISTENTE .....	37
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	39
VIII.	REFERENCIAS.....	43
	EXHIBIT 1 – LISTA DE POZOS DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES	44

Lista de Figuras

Figura 1	Cuenca del Río Camuy
Figura 2	Cruce del puente sobre el Río Camuy
Figura 3	Cuenca del Río Guajataca.
Figura 4	Curva General del Valor Extremo General (GEV) para el Embalse Guajataca.
Figura 5	Cruce del puente sobre el Río Guajataca.
Figura 6	Cuenca del Río Culebrinas.
Figura 7	Zona inundable del Río Culebrinas en el área del proyecto.
Figura 8	Cruce de Carretera PR-22 en área del Río Culebrinas.
Figura 9	Cruce del puente propuesto sobre la Quebrada La

Sequía.

- Figura 10           Cruce sobre la Quebrada La Seca.
- Figuras 11 y 11A   Ubicación de canales principales y secundarios en  
Cruce PR-22
- Figuras 12-12D    Localización de Pozos a lo largo de la ruta PR-22
- Figura 13 – 13I    Sumideros a lo largo de la ruta PR-22
- Figuras 14 a 14L   Clasificación de grupo hidrológico de los suelos.

## LISTA DE TABLAS

---

Tabla 1	Lluvia de 100 años para Río Camuy en la Carretera PR-2 .....
Tabla 2	Niveles de inundación de 100 años para el Río Camuy .....
Tabla 3	Descarga y niveles de inundación de 100 años para el Río Guajataca .....
Tabla 4	Pozos afectados por la alternativa ruta a campo traviesa .....
Tabla 5	Ubicación de sumideros / áreas de depresiones
Tabla 6	Clasificación de suelos y grupo hidrológico .....

## I. INTRODUCCIÓN Y PROPÓSITO

La Autoridad de Carreteras de Puerto Rico (Autoridad) se propone llevar a cabo la extensión de la Carretera PR-22 (PR-22) desde Hatillo hasta Aguadilla. Existen varias alternativas bajo consideración basadas en dos alineamientos básicos. La conversión a expreso de la Carretera PR-2 existente se considera como una de las alternativas. Otra alternativa bajo consideración lo es una ruta a campo traviesa a lo largo de las laderas norte central y noroeste, como a un kilómetro al sur de la Carretera PR-2 existente, cruzando una topografía predominantemente cárstica. Esta alternativa será una extensión al expreso existente PR-22. Un corredor de 500 metros en ambos lados de la alineación se considerará para una evaluación detallada. Una tercera alternativa consiste en la combinación de las dos alineaciones básicas de la ruta a campo traviesa y la conversión a expreso de la PR-22.

La ruta alterna cruzaría varias áreas sensitivas de escorrentía superficial y cuencas de agua subterráneas. Existen varios ríos importantes, sumideros, pozos de agua subterránea, canales de irrigación, y patrones de flujo locales típicos de la topografía cárstica que se verían afectados por el Corredor propuesto. El propósito de este informe es proveer resultados preliminares estudio y recomendaciones para el desarrollo de parámetros hidrológicos para su consideración en el diseño y construcción de la alternativa a campo traviesa

del Corredor Hatillo-Aguadilla. Además, se provee información sobre secciones a lo largo de la Carretera PR-2 existente que se ven directa o indirectamente afectadas por eventos de inundaciones mayores.

## II. ALCANCE DEL TRABAJO:

El alcance del trabajo para la fase hidrológica del proyecto incluye:

1. El desarrollo, inventario detallado de sistemas de escorrentía superficial y características locales de drenaje a lo largo del Corredor propuesto. Desarrollo de características hidrológicas para los tres sistemas. Esto incluiría los efectos potenciales sobre las áreas inundables a lo largo de las rutas propuestas.
2. El desarrollo, en coordinación con el geólogo del proyecto, de un inventario de sumideros a lo largo y en la vecindad de las rutas propuestas. Desarrollo de información sobre las características de la cuenca para las áreas de sumideros a lo largo del Corredor propuesto. El desarrollo de áreas potenciales de inundación asociadas con las cuencas de escorrentía superficial de los sumideros para estimar los efectos sobre la pérdida de capacidad de almacenaje.

3. El desarrollo de alternativas estructurales y no-estructurales para mitigar o minimizar la pérdida de infiltración de capacidad asociada con la construcción del expreso.

4. Recopilar información disponible y proveer recomendaciones sobre zonas susceptibles a inundación a lo largo de la Carretera PR-2 existente. Como parte de la alternativa para convertir la Carretera PR-2 existente, hay un costo asociado con hacer el expreso a prueba de inundación que se debe tomar en consideración.

### III. CUENCAS DE DRENAJE PRINCIPALES

Esta sección evalúa los posibles efectos en las áreas susceptibles a inundaciones a lo largo del Corredor propuesto para la alternativa de ruta a campo traviesa. El proyecto propuesto iría a través de los canales costeros del Río Camuy y el Río Guajataca y afectaría la porción noroeste del valle inundable del Río Culebrinas y el Caño Madre Vieja en la vecindad de la intersección con la Carretera PR-2 en el Municipio de Aguadilla. El Corredor también cruzaría dos (2) pequeñas cuencas, Quebrada La Seca en el Municipio de Hatillo al comienzo del proyecto y Quebrada La Sequía en el Municipio de Isabela.

Los canales principales del Río Camuy y el Río Guajataca se cruzaran con una estructura con una alineación vertical de la PR-22 que proveería una borda libre

significativa sobre los niveles de inundación. El cruce de la carretera en ambos ríos se caracteriza por secciones de río profundas.. Las áreas de inundación están confinadas al canal profundo en la vecindad del puente propuesto. Sin embargo, de acuerdo a las regulaciones aplicables para el manejo de zonas inundables, y para determinar los efectos potenciales de los cambios propuestos sobre la alineación del durante el proceso de diseño, el evento del uno por ciento (1%) de probabilidad de ocurrencia (el evento de los 100 años) será estimado para el Río Camuy y el Guajataca en la vecindad de los cruces propuestos de la carretera. La intersección con la Carretera PR-2 y la PR-111 llevaría el corredor propuesto a una ubicación dentro del área susceptible a inundación del Río Culebrinas y el Caño Madre Vieja. Se evaluará el efecto potencial de esta intrusión en el área inundable.

#### 1. RÍO CAMUY:

El Río Camuy es la primera cuenca de un río principal que cruza el Corredor propuesto. El lugar del cruce propuesto del río posee un canal profundo bien definido en la roca caliza de la costa norte. El perfil vertical de la propuesta carretera está unos 60 metros sobre el fondo del canal del Río Camuy. La Figura 1 muestra la Cuenca del Río Camuy.

## HIDROLOGÍA GENERAL DEL RÍO CAMUY

La cuenca de escorrentía superficial del Río Camuy se divide en dos áreas: el terreno volcánico característico de la cuenca más alta y el terreno calizo característico de la ladera de la costa norte (Referencia 1).

La zona de terreno volcánico se extiende por cerca de 35.6 kilómetros cuadrados (Referencia 2) desde la parte superior de la cuenca del Río Camuy hasta cerca de 12 kilómetros aguas abajo hasta donde el río se convierte en subterráneo en una cueva conocida como el “Blue Hole”. Durante los eventos de lluvia extraordinarios, el agua subterránea que fluye dentro de la cuenca superior no es significativa.. Sin embargo, río abajo desde “Blue Hole”, el exceso de lluvia que se recolecta y drena es subterráneo. El terreno calizo se extiende hasta el estuario del río. La escorrentía directa y el agua subterránea son componentes de drenaje importantes dentro del terreno calizo. El límite del área de drenaje de la zona caliza es difícil de delinear debido a los complejos patrones de drenaje subterráneo (Referencias 1 y 3). La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA por sus siglas en inglés) desarrolló una aproximación del área de la cuenca en la zona caliza. El área total de drenaje para la cuenca del Río Camuy se estimó en cerca de 83.1 kilómetros cuadrados (Referencia 3).

Como parte de las mejoras a la Carretera PR-2 (a finales de los años 80), la Autoridad de Carretera de Puerto Rico, desarrolló un estudio hidrológico para un

nuevo puente en el Río Camuy (Referencia 2). El estudio provee estimados sobre la escorrentía superficial para el evento de los 100 años de frecuencia. Además, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencia (FEMA) desarrolló (a finales de los años 90) un Estudio de Seguros de Inundación (Referencia 3) y provee estimados sobre la escorrentía superficial para los eventos de lluvia para el Río Camuy en el puente sobre la carretera PR-2. La ubicación propuesta para el puente en el Río Camuy es cerca de 2.5 kilómetros aguas arriba de la carretera PR-2. La Tabla 1 provee los resultados de esos estudios en metros cúbicos por segundo (cms).

Tabla 1

Evento de Lluvia de 100 años para el Río Camuy en la Carretera PR-2

<u>Referencia</u>	100-años (cms)
Autoridad de Carreteras de PR	507
FEMA	911

Los resultados del estudio de Seguro de Inundación de FEMA (911 cms) se usarán para estimar el perfil de inundación del Río Camuy para el evento de 100-años en el área del puente propuesto. El estudio de FEMA también provee un estimado para la descarga por el evento de 500-años. El evento de 500-años del Río Camuy se estima en 1,416 cms.

## HIDRÁULICA GENERAL DEL RÍO CAMUY

Usando la información de fotogrametría, se desarrollaron varias secciones transversales para estimar el nivel de inundación en el puente propuesto. El modelo de computadora del Cuerpo de Ingenieros de los EE. UU., HecRas se usó para este propósito. El diseño final de la ruta deberá considerar un estudio hidráulico detallado ya que el resultado de este análisis es aproximado con la intención de detectar y documentar cualquier efecto potencial adverso del puente propuesto en la PR-22 sobre las condiciones de inundación en el Río Camuy.

El perfil propuesto de la carretera muestra que la estructura del puente estará en una elevación de cerca de 71 metros y la invertida del canal esta en aproximadamente 10 metros (MSL). Los resultados hidráulicos preliminares de los niveles de inundación del Río Camuy en el cruce de puente propuesto se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Niveles de inundación de 100-años para el Río Camuy

<u>Descarga (cms)</u>	<u>Nivel (mts MSL)</u>
911 (100-años)	13.75
1,416 (500-años)	14.89

El evento de inundación de 500-años elevaría la superficie del agua cerca de 4.89 metros sobre el fondo del canal. Sin embargo, el perfil del agua estaría unos 56 metros por debajo de la estructura del puente.

Esta es una clara indicación que el propuesto puente no tendrá ningún efecto en las condiciones de inundación del Río Camuy en la vecindad del mismo. La Figura 2 muestra la Planta del puente y la propuesta sección del puente en el cruce del Río Camuy.

## 2. RÍO GUAJATACA:

El Corredor propuesto cruza el canal del Río Guajataca unos 4 kilómetros aguas arriba de el puente de la Carretera PR-2, y unos 12 kilómetros aguas abajo de la estructura del Embalse del Lago Guajataca. La ubicación para el cruce propuesto del río esta en un canal profundo bien definido en la caliza de la costa norte. El perfil vertical propuesto de la carretera esta a una elevación de cerca de 118 metros sobre el fondo del canal del Río Guajataca. La Figura 3 muestra la Cuenca del Río Guajataca.

## HIDROLOGÍA DEL RÍO GUAJATACA

La mayor parte de la escorrentía superficial de la cuenca del Río Guajataca la controla una estructura de embalse que administra la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico (AEE). El embalse se construyó en 1928 para

actividades agrícolas ( riego) y generación de electricidad. Hoy en día, los suministros de irrigación y agua para varias municipalidades del noroeste de Puerto Rico usan por lo general el embalse de Guajataca. El Centro de Servicios Técnicos del Departamento del Interior de los EE. UU., a petición de la AEE, desarrollo una Curva de Frecuencia de Flujo Máximo para el Embalse (Referencia 4). La capacidad hidráulica y las condiciones estructurales del vertedero del embalse fueron la preocupación principal de los estudios del Departamento del Interior (Referencias 4, 5 y 6). La escorrentía superficial asociada con la Crecida Máxima Probable (PMF por sus siglas en inglés) fue la descarga usada para la evaluación del v. De acuerdo con el Departamento del Interior, el área controlada de la cuenca del Río Guajataca es de cerca de 78.7 kilómetros que incluye la topografía cárstica dentro del área. La influencia de la topografía cárstica retrasa la escorrentía superficial hacia el embalse particularmente durante eventos de lluvia frecuentes. Sin embargo, el área total de drenaje se usó para los estimados en los estudios de PMF. Debido a la escasez de datos de flujo en la zona cárstica los resultados presentados en el estudio de la PMF pueden sólo considerarse como preliminares. Sin embargo, los estimados presentados para el perfil de inundación con el uno por ciento de probabilidad de ocurrencia (el evento de 100-años) se consideran con un alto nivel de confianza.

En 1978 el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) desarrolló un análisis regional para todo Puerto Rico (Referencias 4 y 7). El informe presentó ecuaciones de regresiones para estimar el flujo pico de 100-años basado en el área de drenaje y el promedio de precipitación anual. De acuerdo con el Departamento del Interior, para el Embalse Guajataca, y con la precipitación promedio anual de 2.41 metros determinado de un mapa en el informe del USGS, el flujo máximo de 100-años se estimó en 1,558 metros cúbicos por segundo (cms). El informe del USGS indica limitaciones en que las regresiones quizás no fueran estrictamente aplicables a las áreas cársticas en el noroeste de Puerto Rico.

En 1996 el Huracán Hortensia pasó por la sección este de Puerto Rico y se establecieron flujos máximos históricos a lo largo de los lugares de medición. Estableciendo una curva de envoltura en la gráfica de descarga pico contra áreas de captación se obtiene la descarga máxima esperada para este evento. El Departamento del Interior (Referencia 4) desarrolló una curva de los datos sobre descarga máxima del Huracán Hortensia para estimar el flujo máximo para el área de drenaje del Embalse Guajataca que resultó en unos 1,841 cms. La frecuencia de este evento fue estimada entre 100-años y 1000-años. Este estimado necesita utilizarse dado que la topografía cárstica no permite la misma respuesta a las inundaciones por huracanes y la curva de los flujos máximos

registrados no debe ser usada para evaluar análisis de frecuencias en esta área..

La Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico (Referencia 8) ha desarrollado varios modelos de esorrentía para esta cuenca..Estos modelos proveyeron flujos máximos para los eventos de 100-años de 416 cms y de 552 cms dependiendo de la duración del evento.. Los modelos de esorrentía han estimado el evento de PMF entre 2,407 cms y 2,804 cms. La frecuencia de estos eventos (las descargas) fueron estimadas entre 5,000 y 10,000-años. Debido a la falta de datos de medidas de descarga en los ríos y de datos de flujo máximo histórico, el Departamento del Interior concluyó que para la cuenca del Río Guajataca no se podría extrapolar con un alto nivel de confianza una curva de frecuencia más allá de los 00-años También recomendó el uso de una curva de frecuencia de flujo máximo de Valor Extremo General (GEV por sus siglas en inglés) para estimar el evento de 100-años y para eventos de menor frecuencia. La curva de frecuencia del GEV (Referencia 4) resultó en una descarga de 792 cms para una frecuencia de 100-años para el Río Guajataca aguas bajo de la estructura de la represa. El estimado para la descarga de 100-años esta dentro de los límites de confianza de 5 a 95 por ciento. El límite superior de la zona de confianza es de 853 cms. La Figura 4 muestra la curva del Valor Extremo General (GEV) para el Embalse Guajataca.

## HIDRÁULICA GENERAL DEL RÍO GUAJATACA

El valor del límite de confianza superior de la curva de frecuencia GEV (853 cms) desarrollado por el Departamento del Interior se usará para estimar el perfil de inundación del Río Guajataca para el evento de 100-años en el área del puente propuesto. Los resultados de la curva desarrollada por el Departamento del Interior de los datos sobre la descarga máxima del Huracán Hortensia para estimar el flujo máximo del Embalse Guajataca (1,841 cms) y el estimado del PMF de 2,804 cms se usarán para desarrollar el perfil de inundación del Río Guajataca para estimar el efecto potencial de estos eventos extraordinarios en el área del puente propuesto..

La propuesta estructura de puente estaría a una elevación de más de 128 metros y el fondo del canal está a 10 metros sobre el nivel promedio del mar (MSL). Los resultados preliminares para los niveles de inundación del Río Guajataca en la ubicación del puente propuesto se muestran en la tabla 3.

Tabla 3  
Descargas y niveles de agua  
para el Río Guajataca  
frecuencia 100-años

<u>Descarga (cms)</u>	<u>Nivel de agua (mts MSL)</u>
853 (100-años)	16.90
1,841(Curva de Hortensia)	20.35
2,804 (Crecida Máxima Probable)	22.77

La Crecida Máxima Probable elevaría el nivel de agua del río a cerca de 12.77 metros sobre la invertida del canal. Sin embargo, el perfil del agua estaría unos 105 metros debajo de la estructura de puente. La Figura 5 muestra la planta y la sección propuesta del puente en el cruce del Río Guajataca.

### 3. EL RÍO CULEBRINAS Y EL CAÑO MADRE VIEJA

La cuenca del Río Culebrinas está localizada en la región noroeste de Puerto Rico. El tramo superior del río (Referencia 3) se encuentra en la parte oeste de la Cordillera Central a una elevación de unos 450 metros. Desde allí, el río fluye al oeste por cerca de 44 kilómetros hasta su desembocadura en la Bahía de Aguadilla. El Río Culebrinas tiene un área de captación de cerca de 769 kilómetros. El área que cubre la planicie costera inundable del Río Culebrinas y el Caño Madre Vieja afecta las comunidades dentro de Aguadilla y Aguada. La descarga total para un evento de 100-años fue estimada por FEMA (Referencia 3) en 4,063 cms en la estructura del puente de la Carretera PR-2. La Figura 6 muestra la Cuenca del Río Culebrinas.

## HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA GENERAL DEL RÍO CULEBRINAS Y EL CAÑO MADRE VIEJA

La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA por sus siglas en inglés) desarrolló (finales de los 90) un Estudio de Seguros de Inundación (Referencia 3) y proveyó estimados sobre la escorrentía superficial para el evento de 100-años de frecuencia para el Río Culebrinas en la Carretera PR-2 donde se construirá la intersección de la PR-22 y PR-2. El análisis regional para los cálculos de descarga para el Río Culebrinas estuvo basado en cálculos estadísticos de registros de descarga de 37 ubicaciones en Puerto Rico con más de 10 años de registros regresados o relacionados contra las características de la cuenca. El análisis resultó en una descarga de 4063 cms para la inundación de 100-años y 5759 cms para la de 500-años de frecuencia.

Las áreas de inundación del Río Culebrinas y el Caño Madre Vieja aguas arriba de la PR-2 están interconectadas. Sin embargo, el Río Culebrinas, con una área de drenaje significativamente más grande controlará los niveles de inundación aguas arriba de la Carretera PR-2, durante una inundación de 100-años. La sección noroeste de la planicie inundable, del Río Culebrinas y el Caño Madre Vieja interceptarían el Corredor justo aguas arriba de la Carretera PR-2. De acuerdo a el Mapa de Tasas de Seguros por Inundación (FIRM por sus siglas en inglés), (Referencia 9) de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), la intersección propuesta estaría ubicada parte dentro de la zona AE

con una elevación de inundación base determinada y parte dentro de la zona del cauce mayor del Río Culebrinas. La porción de la intersección al sur de la PR-111 desde la Estación 446+00 a la Estación 458+00 en la PR-2 está ubicada en la Zona II. Desde la estación 458+00 hasta la 462+00 al final del proyecto está ubicada dentro de la Zona I.

Para minimizar el impacto en la zona inundable, el proyecto propuesto está considerando un puente largo sobre pilastras (trestle), en la intersección con la Carretera PR-2 y la PR-111 entre los municipios de Aguadilla y Aguada. Esto permitirá la construcción en el área bajo las recomendaciones del requerido estudio hidrológico e hidráulico y el análisis local de los efectos potenciales sobre las actividades en el área. Toda construcción dentro de esta área deberá cumplir con el Reglamento de Planificación No 13. La Figura 7 muestra el área inundable del Río Culebrinas en el área del proyecto. De acuerdo a los mapas de Tasas seguros de Inundaciones (FIRM-por sus siglas en ingles), a unos 0.5 kilómetros aguas arriba del puente en la Carretera PR-2 en el Río Culebrinas en la intersección con la PR-111, el nivel de agua para un evento de 100-años es cerca de 9 metros (MSL). La elevación del agua justo en la Carretera PR-2 es de 8.5 metros (MSL). Basado en esta elevación y en la topografía del área desarrollada para el proyecto bajo consideración, una porción de la Carretera PR-2, justo al sur de la estructura del puente del Caño Madre Vieja, en la vecindad de la propuesta intersección, está por debajo del nivel de inundación

para el evento de 100-años. Por lo tanto, la intersección con la Carretera PR-2 deberá considerar la conexión con la sección de carretera sobre el nivel de los 8.5 metros (MSL).

En resumen, la intersección propuesta para el corredor con la Carretera PR-2 y la 111 se tendría que construir sobre una elevación de más de 8.5 metros en la intersección de la PR-2 y sobre los 9 metros en el cruce del corredor con la PR-111. A pesar de que la elevación propuesta en la intersección del puente sobre pilastras ("trestle") minimizaría el efecto sobre las condiciones de inundación en el área, debido a la presencia de las obstrucciones por las pilastras, se deberá en la fase preliminar realizar un estudio detallado del remanso que produciría la estructura para cumplir con la regulación 13 de la Junta de Planificación de Puerto Rico. La Figura 8 muestra la intersección con la PR-2 y la PR-111 cruzando en el área susceptible a inundaciones del Río Culebrinas.

#### IV CUENCAS DE DRENAJE MENORES - ANÁLISIS REGIONAL

El análisis hidrológico para cuencas más pequeñas interceptadas por el Corredor propuesto se hará usando las ecuaciones de regresión sugeridas por el Negociado Geológico de los EE. UU. para transferir datos de magnitud y frecuencia de ubicaciones con medidores a ubicaciones sin medidores (Referencia 10).

De acuerdo con el USGS, las ecuaciones de regresión desarrolladas por Ramos-Ginés difieren de informes anteriores (por López y otros del 1970-79) al considerar datos de lluvias y eventos de inundación adicionales, técnicas de análisis mejoradas y separación de regiones por respuestas a inundaciones. El estudio del USGS presenta estimados de la magnitud y frecuencia de inundaciones en ubicaciones que tienen más de 10 años registrados y con ecuaciones de regresión ya desarrolladas basadas en la descarga de inundación máxima y los datos de frecuencia para 57 estaciones de medida en Puerto Rico para los intervalos de recurrencia de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. Las ecuaciones consideran el área de contribución de drenaje, la profundidad a la roca promedio de la cuenca, y la lluvia promedio anual como parámetros de la cuenca y climáticos. Las ecuaciones consideran áreas de drenajes desde 0.23 hasta 80 kilómetros cuadrados.

Existe alguna limitación sobre el uso de estas ecuaciones de regresión en las áreas cársticas debido a la definición del área de drenaje contribuyente. Para el propósito de desarrollar las ecuaciones de regresión, el análisis del USGS, las áreas no contribuyentes tales como sumideros y drenajes a cuevas no se tomaron en consideración. Dos estaciones en el Río Camuy no se incluyeron para el análisis de regresión debido a las áreas de drenaje indeterminadas, típicas de las áreas cársticas. Sin embargo, dentro de la región noroeste entre el Río Culebrinas y el Río La Plata el límite de la zona cárstica del noroeste y el

área a verse afectada por el Corredor propuesto existen quince estaciones de recopilación de datos de escorrentía superficial que se consideraron en el desarrollo de estas ecuaciones de regresión. Por lo tanto, para propósitos de este análisis preliminar las ecuaciones de regresión del USGS se usarán con el propósito de desarrollar parámetros de diseño para los puentes y alcantarillas que interceptan las cuencas menores de escorrentía.

### 1. QUEBRADA LA SEQUÍA

Los parámetros para el diseño hidrológico de la estructura hidráulica requerida para cruzar la Quebrada La Sequía estarán completamente basados en las ecuaciones de regresión del USGS. Se estimó un área de contribución de aproximadamente 1.00 millas cuadrada para la Quebrada La Sequía en la intersección con la propuesta ruta PR-22. El área tiene una Lluvia Promedio Anual (MAR por sus siglas en inglés) de 80 pulgadas. Se presume que el área cárstica superior donde hay una alta densidad de sumideros y cuevas no contribuirá a la escorrentía superficial según lo propone el USGS. Usando las fórmulas de regresión del USGS (referencia 10) la frecuencia de la descarga de 100-años para la Quebrada La Sequía fue de 84 cms (3000 cfs). Se desarrolló una sección transversal típica de los datos de fotogrametría para estimar la elevación del agua en la ubicación de la quebradla Sequia. . Los resultados preliminares para los niveles de agua en la Quebrada La Sequía en el propuesto cruce del puente resultó en una elevación de aproximadamente 96.00

metros. La carretera propuesta y la elevación del puente en la ubicación es de cerca de 117, lo que resulta en 11 metros por encima del máximo de la inundación de 100-años. La Figura 9 muestra el área del puente propuesto en la Quebrada La Sequía.

## 2. QUEBRADA LA SECA

La Quebrada La Seca está ubicada al comienzo de la ruta del proyecto. El Expreso dividirá la cuenca existente en dos áreas. El patrón local anterior de la Quebrada La Seca está a lo largo de la carretera existente en la comunidad Corcovado. El área de drenaje de la cuenca superior es de aproximadamente 85Ha (213 cuerdas) (0.33 millas cuadradas) que drenan a lo largo de la carretera de la comunidad. En esta área, el drenaje de la cuenca superior estaría diseñado tomando en consideración la ubicación de la comunidad dentro del marco del área de construcción. La descarga de escorrentía se dirigiría aguas abajo hasta el punto de descarga en la Quebrada La Seca. La Figura 10 muestra la ubicación de la Quebrada La Seca.

## VI. CONDICIONES NATURALES Y HECHAS POR EL HOMBRE QUE PUEDEN SER AFECTADAS

El Corredor propuesto atravesará un área de intenso uso de terrenos. Un número importante de granjas lecheras y comunidades rurales asociadas dependen de la disponibilidad de agua de escorrentía superficial provista por el embalse de Guajataca y de la extracción de agua subterránea (pozos de agua).

### 1. CANAL PRINCIPAL Y EL CANAL MOCA.

Dentro de los municipios de Isabela y Moca, el Corredor propuesto cruza el sistema principal de riego y suministro de agua para la región del noroeste de Puerto Rico. El Embalse Guajataca provee la capacidad de almacenaje para estas actividades.

Un canal de derivación (Canal Principal) del Embalse Guajataca, alimenta unos 16.43 metros cúbicos por segundo (58 cfs o 37.5 mgd) al canal principal de distribución que alimenta el Canal Moca para proveer agua para actividades agrícolas y para el sistema de suministro de agua de los municipios de Isabela, Aguadilla, Aguada y Rincón. La Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico (AEE), maneja y mantiene los canales de riego. La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico (AAA) maneja y mantiene la porción de suministro de agua. Existe un proyecto en agenda para aumentar la capacidad hidráulica

del sistema de suministro de agua para atender el aumento en la demanda de agua de la región.

La ruta propuesta cruzará a través del sistema de canales interceptando varios de ellos a lo largo de la ruta. Se identificaron seis (6) puntos donde se esperan potenciales modificaciones o reubicaciones del canal. Las modificaciones pudieran incluir canalización y cruces de alcantarillas que se tendrían que considerar en la fase de diseño del proyecto. El sistema no se debe interrumpir por lo que la construcción del expreso debe tomar esta restricción en consideración. Se requiere la coordinación con AAA y AEE para concretar cualquier solución en esta área. Luego de llevar a cabo los estudios hidráulicos para determinar las capacidades requeridas de las alternativas, de acuerdo con los reglamentos aplicables y con la coordinación inter-agencial, este aspecto no será un problema para la ruta. Las Figuras 11 y 11A muestran la ubicación de canales principales y secundarios.

## 2. EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

En Puerto Rico, la fuente sobre información de la extracción de agua subterránea se mantiene en dos oficinas en el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA). La Oficina de Franquicias es la entidad autorizada bajo el DRNA para otorgar permisos de tomas de escorrentía superficial y extracción de agua subterránea para la agricultura y usos

industriales y domésticos. Esta oficina mantiene los expedientes de toda extracción de agua subterránea autorizada por el DRNA. La oficina de Franquicias mantiene expedientes manuales de los permisos originales para la extracción con la información del dueño de la tierra, ubicación (ubicación aproximada en fotocopias de mapas o dibujos a diferentes escalas) y el volumen de agua. La oficina del Plan de Aguas también bajo el DRNA fue organizada de acuerdo a la “Ley de Aguas de Puerto Rico para desarrollar estrategias de manejo de agua subterránea y superficial. La oficina del Plan de Aguas también mantiene expedientes de las extracciones de aguas subterráneas y superficiales en Puerto Rico con la información sobre la ubicación (por ejemplo. latitud y longitud), profundidad del pozo y volumen. Para la primera fase de este estudio se requirió de ambas oficinas del DRNA una lista de pozos permitidos de aguas subterráneas en los municipios a lo largo de la ruta a campo traviesa propuesta (entre Hatillo y Aguadilla). Las oficinas de Franquicias y del Plan de Aguas proveyeron las listas de cerca de 80 pozos que en muy pocos casos correspondían a la información entre las dos listas en referencia a los dueños y ubicaciones.

Sin embargo, de acuerdo con el personal responsable de esto, la información disponible sobre los pozos subterráneos no estaba al día con verificaciones y estudios periódicos. No existe ninguna información acerca de la precisión de estos datos. La única manera de establecer la validez de los mismos es

llevando a cabo un investigación de campo para corroborar o reconstruir la información disponible en los expedientes.

Como parte de los esfuerzos, se llevó a cabo una investigación de campo detallada sobre los pozos de agua localizados a lo largo de la ruta a campo traviesa. La investigación detallada comenzó con la revisión de cerca de 60 expedientes de permisos de extracción de agua con la dirección física en la vecindad del proyecto propuesto. Toda la información relevante sobre los pozos potenciales que se afectarían fue recopilada y se estableció comunicación con varios dueños (según aparecían en los expedientes).

Se caminó la ruta a campo traviesa para identificar las condiciones actuales asociadas con extracción de agua. Una cantidad importante de actividades lecheras se localizaron a lo largo del Corredor propuesto. La mayor parte de las actividades visitadas expresaron una alta dependencia en la presente extracción de aguas y la buena calidad del agua disponible. Entre los datos recopilados en los expedientes del DRNA y la investigación de campo, se visitaron un total de 41 pozos para recopilar información sobre la ubicación (por ejemplo latitud y longitud) y la elevación del terreno. Sin embargo, existe una posibilidad de que algunos de los pozos existentes no se incluyeran debido a la falta de visibilidad o a que los dueños registrados en el DRNA no se localizaron durante el estudio. Las ubicaciones de los pozos se deben verificar durante la fase final de diseño

donde se ubicarían los pozos que se verían afectados. Los datos de los pozos incluidos se presentan en la Tabla 4. El Exhibit I muestra la ubicación detallada de los pozos.

Municipio	Compañía	Dueño	Uso
Hatillo	Vaquería José Luis González	José Luis González	A
	Vaquería Lucho	Justo Mercado	A
	Vaquería Los Campos	Francisco Ruiz López	A
	<b><u>Adolfo García</u></b>	<b><u>Adolfo García Amador</u></b>	<b><u>A</u></b>
	<b><u>El Pirata</u></b>	<b><u>Pedro García</u></b>	<b><u>A</u></b>
	Carimary Dairy	Luis Sierra Toledo	A
	Reinaldo Dorta	Reinaldo Dorta	
	<b><u>Vaquería Juan Dorta</u></b>	<b><u>Luis J. García Dorta</u></b>	<b><u>A</u></b>
	AAA	Bo. Capaez & Las Piedras	AAA
	<b><u>AAA</u></b>	<b><u>Río Camuy</u></b>	<b><u>AAA</u></b>
Camuy	Vaquería Taty Toledo	Alfredo S. Toledo González	A
	Vaquería Taty Toledo	Alfredo S. Toledo González	A
	Vaquería Tosado	Laury Jorge	A
	AAA	Pozo Talavera #1	AAA
	AAA	Pozo Talavera #2	AAA
	Vaquería Vega	Luis Rene Delgado	A
	AAA	PR-119 La Pica y Cienaga	AAA
	AAA	PR-119 La Pica y Cienaga	AAA
	AAA	PR-119 La Pica y Cienaga	AAA
	Eyramil Dairy	Luis Rene Delgado	A
	Vaquería Soto Vidot	Soto -Bidot	A
	Goyo Toledo	Goyo Toledo	A
	Luis Rene Delgado	Luis Rene Delgado	A
	<b><u>C-19 Teddy Alfonso</u></b>	<b><u>Teodoro Alfonso</u></b>	<b><u>A</u></b>
	Luis Domingo Hernández	Gabriel Pérez	A
Quebradilla	José G. Toledo Toledo	David Cruz	A
	USGS	USGS	Prueba
	Cacao Dairy	Jesús J. Toledo Díaz	A
Isabela	Aquaright	Jaime R. Nieves Machado	I
	<b><u>Farmer Inc. (Vaquería Ramos)</u></b>	<b><u>Miguel A. Ramos Cruz</u></b>	<b><u>A</u></b>
	ACH Ornaments (Gramma)	Adriano Chiesa González	A
	Mundo Real (Gravero)	Santiago Varela	A
	Benítez Toledo, Inc.	Carlos Benítez	A
	José M. Nieves (Gramma)	José M. Nieves	A
Moca	Carlos Alfredo Dairy		A
Aguadilla	Vaquería Alberto Toro	Alberto Toro	A
	Luis A. Cordero	Luis A. Cordero Mangual	A
	Bloques Barreto		I

*Leyenda: A: Agricultura; (AAA) Suministros de Agua; I: Industrial; Prueba: USGS*

La tecnología del Sistema de Posición Global (GPS por sus siglas en inglés) que se usó para recopilar información sobre la ubicación y elevación del terreno lo fue el navegante personal eTrex Vista, manufacturado por GARMIN International, Inc. Con este instrumento la precisión promedio de los datos recopilados sobre la longitud y latitud para las actividades de extracción de agua a lo largo de la ruta a campo traviesa propuesta es de cerca de 6 metros en cualquier dirección. Esto quiere decir que la ubicación real de los pozos identificados en las Figuras 12 a la 12D se pueden ubicar al presente dentro de un radio de 6 metros alrededor del punto identificado en el plan. Según se muestra en estas figuras de los 41 pozos, siete (se muestran ennegrecidas) quedan fuera del borde del estudio pero se incluyeron debido a su proximidad.

Durante la fase de diseño, la acción a tomarse para los pozos afectados dependerá en la evaluación final y la condición de los mismos, pero pudiese incluir la reubicación y el cierre de la facilidad. Sin embargo, la reubicación es la solución más factible. Requerirá de los estudios de suelos apropiados para asegurar en general las mismas condiciones y rendimiento que la ubicación anterior.

### 3. SUMIDEROS

Se han dirigido esfuerzos para identificar sumideros directa e indirectamente afectados por la alineación propuesta. La selección de sumideros está basada

en todos aquéllos directamente afectados dentro de los límites preliminares de servidumbre (ROW) por sus siglas en inglés. Este es el efecto directo del expreso sobre los sumideros a lo largo de la ruta.

Se seleccionaron otros sumideros a base de su importancia y área superficial.. A lo largo de la ruta ocurren algunos sistemas de sumideros importantes a lo largo del norte y sur de la carretera a campo traviesa del expreso. Los sistemas secundarios se consideran basados en la susceptibilidad potencial de las descargas existentes y propuestas desde el expreso. Algunos sistemas serán más susceptibles al aumento del volumen, otros al aumento en la descarga y otros a ambos. De esta forma, ninguna solución incluirá estudios específicos a lo largo de la ruta para determinar las soluciones finales que se puedan sostener dentro de las regulaciones aplicables y con las mejores prácticas de ingeniería disponibles.

En la ruta , la geología predominante está compuesta de un cinturón cárstico a lo largo de la costa norte y parte de la costa oeste de Puerto Rico. En este cinturón, el drenaje es errático con componentes de alta infiltración y baja respuesta hidráulica a los eventos de lluvia.. A pesar de que este es el comportamiento típico del área, no es una regla, ya que algunas áreas experimentan altos valores de escorrentía debido al aumento del desarrollo urbano o de formaciones locales del suelo. Esto es particularmente cierto para

la ruta a lo largo de la carretera PR-2 existente donde la mayor parte está densamente poblada.

A lo largo de la carretera propuesta (ruta) a campo traviesa la escorrentía se controla en su mayor parte, con las características predominantes del suelo. Con la excepción de los ríos Camuy y Guajataca, la Quebrada La Sequía y otras quebradas menores, la mayor parte del drenaje es interno por medio de una combinación de infiltración y de almacenaje. La formación cárstica y el tipo de suelo a lo largo de la ruta dictará la capacidad de infiltración y los sumideros/depresiones dictarán la capacidad de almacenaje. No existe ninguna regulación específica para los desarrollos cársticos y las áreas de sumideros. Lo básico para el desarrollo de la ruta se enfocará en la mitigación del efecto sobre:

1. La reducción de sumideros/depresiones a lo largo de la ruta.
2. La reducción de infiltración/recarga sobre el sistema subterráneo.
3. El efecto de un potencial aumento en la escorrentía superficial debido al expreso.
4. El control de contaminantes o la calidad de la descarga a los sumideros existentes, que reciben la descarga del expreso.

La identificación de sumideros afectados por la ruta se incluye en la tabla 5 y figuras 13 a la 13E. Esta tabla incluye las áreas aproximadas de sumideros para

obtener el total de área afectada que requerirá reubicación o expansión de los sumideros existentes.

Las acciones a tomarse incluyen:

1. Reubicación – El área afectada se reubicaría con características específicas de acuerdo a la superficie del área afectada y la profundidad promedio de la depresión. Esta reubicación sería dentro de los límites del proyecto.
2. Compensación – El área del sumidero sería afectada parcialmente y se requeriría la expansión del área de un sumidero existente para compensar el área afectada. Sería similar a la reubicación pero se usaría parte de la depresión existente.
3. Estanque de detención – En algunos lugares donde una comunidad o un curso mayor de drenaje existe y se espera que se vea afectado por el expreso.

La restauración o reemplazo del almacenaje reducido o eliminado a lo largo de la ruta cumple con el primer objetivo de no afectar las área de almacenaje existentes y en parte con el segundo objetivo de recargar los sistemas subterráneos. El requisito preciso del área de almacenaje necesaria y las acciones específicas o combinaciones de acciones se deben considerar en el diseño final. La ubicación que se presenta en los mapas se considera como la

más precisa en este nivel de la investigación. La misma servirá de base para estimar el costo de los requisitos de mitigación.

Tabla 5  
Sumideros/Depresiones  
Área y localización

SUMIDEROS	LOCALIZACIÓN APROXIMADA (ESTACIÓN)	ÁREA SUPERFICIAL (HA)	ÁREA SUPERFICIAL (CUERDAS)	ÁREA AFECTADA	ACCIÓN
S1	8+00	0.17	0.425	50%	REUBICACIÓN
S2-S3	16+00	0.06	0.15	100%	REUBICACIÓN
S4	19+00	0.2	0.5	100%	REUBICACIÓN
S5-S6	34+00	0.1	0.25	100%	REUBICACIÓN
S7	78+00	0.1	0.25	100%	REUBICACIÓN
S8	86+00	0.61	1.525	50%	REUBICACIÓN
S9	89+00	1.13	2.825	50%	REUBICACIÓN
S10 A S14	94+00 A 98+00	0.38	0.95	100%	REUBICACIÓN
S15 A S17	99+00	0.31	0.775	100%	REUBICACIÓN
S18	104+00	0.5	1.25	25%	PROTEGIDA
S19	104+00	0.18	0.45	100%	REUBICACIÓN
S20 A S21	110+00	0.48	1.2	100%	REUBICACIÓN
S22	118+00	0.87	2.175	25%	REUBICACIÓN
S23	118+00	0.23	0.575	100%	REUBICACIÓN
S24	123+00	0.062	0.155	100%	REUBICACIÓN
S25	144+00	0.03	0.075	100%	REUBICACIÓN
S26 A S29	148+00	0.35	0.875	100%	REUBICACIÓN
S30	148+00	1.25	3.125	20%	REUBICACIÓN
S31A S39	156+00 A 152+00	0.46	1.15	100%	ESTANQUE DE RETENCIÓN
S40 A S42	181+00	0.23	0.575	100%	REUBICACIÓN
S43	210+00	0.16	0.4	PARCIAL	PROTEGIDA
S43 A S46	216+00	0.42	1.05	100%	UNIDA A S47
S47	216+00	0.18	0.45	PARCIAL	ESTANQUE DE RETENCIÓN
S48	246+00	0.06	0.15	PARCIAL	PROTEGIDA
S49	250+00	0.38	0.95	100%	REUBICACIÓN
S50-S51	258+00	0.32	0.8	100%	REUBICACIÓN
S52-S53	262+00	0.23	0.575	100%	REUBICACIÓN
S54	266+00	0.1	0.25	100%	REUBICACIÓN
S55	298+00	0.03	0.075	PARCIAL	PROTEGIDA
S56-S58	302+00	0.1	0.25	100%	REUBICACIÓN
S59-60	308+00	0.15	0.375	100%	REUBICACIÓN
S61	312+00	0.91	2.275	60%	COMPENSACIÓN
S62	315+00	3.4*	8.725	50%	COMPENSACIÓN

S63-S66	322+00	0.22	0.55	100%	REUBICACIÓN
---------	--------	------	------	------	-------------

Tabla 5. Continuación  
Sumideros/Depresiones  
Área y localización

SUMIDEROS	LOCALIZACIÓN APROXIMADA (ESTACIÓN)	ÁREA SUPERFICIAL (HA)	ÁREA SUPERFICIAL (CUERDAS)	ÁREA AFECTADA	ACCIÓN
S67-S72	327+00	0.62	1.55	100%	REUBICACIÓN
S73-S76	334+00	0.62	1.55	100%	REUBICACIÓN
S77-S80	344+00	0.17	0.425	100%	REUBICACIÓN
S80-S83	358+00	0.24	0.6	100%	REUBICACIÓN
S84	350+00	0.12	0.3	100%	REUBICACIÓN
S85-S87	354+00	0.1	0.25	100%	REUBICACIÓN
S88-S90	358+00	0.11	0.275	100%	REUBICACIÓN
S91-S93	360+00	0.26	0.65	100%	REUBICACIÓN
S94-S96	364+00	0.24	0.6	100%	REUBICACIÓN
S97-S99	367+00	0.64	1.6	100%	REUBICACIÓN
S100	371+00	0.15	0.375	100%	REUBICACIÓN
S101-S103	376+00	0.2	0.5	100%	REUBICACIÓN
S104	378+00	0.81	2.025	100%	REUBICACIÓN
S105-S108	382+00	0.55	1.3755	100%	REUBICACIÓN
S109-S111	386+00	0.27	0.675	100%	REUBICACIÓN
S112-S114	388+00	0.46	1.15	100%	REUBICACIÓN
S115-S116	390+00	0.47	1.175	100%	REUBICACIÓN
S117	398+00	0.76	1.9	100%	REUBICACIÓN
S118	400+00	0.14	0.35	100%	REUBICACIÓN
S119	404+00	0.16	0.4	100%	REUBICACIÓN
S120	438+00	0.15	0.75	100%	PROTEGIDA
S121	443+00	0.39	0.975	10%	COMPENSACIÓN
		22.082	55.205		

Según se muestra en la tabla 5 el efecto directo de la construcción de la PR-2 a lo largo de la ruta a campo traviesa es la reducción a un mínimo de 22 hectáreas (55 cuerdas) de área de almacenaje directo. Para esto, la construcción del expreso considera varias acciones en las áreas requeridas... Las áreas requeridas al final se deben determinar durante el diseño y se deben incluir en un análisis detallado de la escorrentía.

El segundo objetivo es la mitigación de la reducción en la infiltración debido a la construcción del pavimento. Para este propósito con un ancho promedio total de aproximadamente 40 metros por el largo estimado de 46 km resulta un total de 184HA (466 acres) de área de reducción de infiltración. El ancho de 40 metros que se usó incluye el pavimento del expreso y un borde adicional afectado por el corte requerido y relleno de construcción a lo largo de la ruta. El área precisa afectada se determinaría en la fase final del diseño.

La restauración de las capacidades de infiltración debe considerar el tipo de suelo y los grupos hidrológicos afectados directamente por el expreso. Los grupos hidrológicos se definen como suelos A, B, C o D de acuerdo con sus capacidades de infiltración. Los suelos A tiene la tasa de infiltración mayor y los suelos D la menor. La Tabla 6 muestra los suelos correspondientes a lo largo de la ruta y un estimado de su capacidad de infiltración. Las Figuras 14 a la 14L, muestran la ubicación de la ruta a campo traviesa de la PR-2 en la clasificación de grupo hidrológico correspondiente. Según se observa, la mayor parte de los suelos afectados por la ruta son de Clasificación B con una tasa moderada de infiltración en el orden de 0.15 a 0.30 pulgadas por hora en suelo saturado.

La solución para la reducción de la infiltración sería el establecimiento de áreas de infiltración combinadas con la reubicación de sumideros y áreas de

depresión. El mecanismo de infiltración se determinaría en la fase de diseño y debe consistir en prácticas aceptables utilizadas en las regiones cársticas. Algunas prácticas aceptables incluyen charcas de infiltración, tanques de infiltración, bóvedas de infiltración y zanjas de infiltración. El uso de cualquier método en particular depende de la capacidad de infiltración del suelo afectado por la ruta.

El corredor propuesto incluirá estructuras de drenaje para disponer de la escorrentía y dirigirlas a los drenajes superficiales existentes o a puntos de infiltración en los sumideros reubicados o existentes. Para el propósito de control de calidad, los puntos de infiltración incluirán sistemas de pre-tratamiento para controlar descargas de sedimentos y contaminantes evitando así el efecto sobre los recursos subterráneos. Estos sistemas por lo general están compuestos por un área de almacenaje para retener la primera pulgada de escorrentía por un período específico de tiempo. Del sistema, se diseñará un vertedero de salida para pasar la cantidad requerida de la descarga a un segundo almacenamiento donde se logra la mitigación de la misma antes de su disposición final a través de sumideros o depresiones receptoras. La disposición final pudiera incluir descargas mitigadas directamente a los puntos receptores, inyección subterránea directa, cuencas de infiltración o una combinación de las mismas.

Estos sistemas son confiables para controlar contaminantes y evitar que entren a los sistemas subterráneos si están diseñados, mantenidos y operados con propiedad. En esta fase de la Declaración de Impacto Ambiental, es difícil precisar que alternativa o combinación es la más factible. Sin embargo, el expreso deberá tomar en consideración este aspecto para evitar afectar los sumideros sensitivos y el sistema de cuevas a lo largo del corredor. Algunos sistemas mayores incluyen un conglomerado (cluster) de depresiones (grupos) que ocurren a lo largo de la ruta especialmente entre las estaciones 266+00 hasta la 400+00 con la mayoría de los sistemas ubicados al sur del expreso. El patrón general de drenaje en el área es hacia el norte y la disposición de la escorrentía del expreso no afectaría los sistemas ubicados al sur. Sin embargo, cualquier descarga a éstos se debe evaluar igual que el resto del sistema y con todas las recomendaciones de este estudio. Se debe dar consideración especial a los sistemas ubicados al norte y a los conglomerados de sumideros ya que se pudiesen afectar directamente con la descarga pluvial del expreso.

La política para la construcción del expreso en la zona cárstica pudiese considerar lo siguiente en términos generales:

1. La construcción del expreso debe considerar la protección de desarrollos existentes y futuros de inundaciones debido al desbordamiento de los sumideros.

2. Determinar la extensión de áreas de almacenaje y nivel de inundación de cada sumidero para la frecuencia reguladora del evento de 100-años.
3. Determinar el efecto del expreso y su servidumbre en el almacenaje del sumidero y restaurar cualquier reducción del volumen.
4. Proteger los recursos subterráneos de contaminantes debido a la escorrentía hacia los sumideros proveyendo las mejores prácticas de manejo a lo largo de la ruta.
5. Proveer los mecanismos requeridos de filtrado o sistemas combinados para mitigar la contaminación potencial de recursos subterráneos.
6. Los sumideros y áreas de depresiones existentes se pueden usar como drenaje de escorrentía superficial si existe una descarga al área, disponiéndose que cualquier aumento en la cantidad de la escorrentía superficial debido al desarrollo del expreso no agrava los problemas de inundación en el área o en los sistemas subterráneos conectados/adyacentes a los sumideros.. El sistema de mitigación debe basarse en los requisitos del Reglamento 3 de la Junta de Planificación de Puerto Rico.

Tabla 6  
Clasificación de suelos y grupo hidrológico

Serie de Suelos	Grupo Hidrológico	Tasa de Infiltración (en horas)
Estudio de Suelo Área Mayagüez		
Aceitunas AaCZ, AbCZ	B	0.15-0.30
Bajura Ba	D	0.0-0.05
Spinal Es	A	0.30-0.45
Guerrero Gu	A	0.30-0.45
Jobas JoB	A	0.30-0.45
San German SaD, SaE, ScB	D	0.0-0.05
San Sebastian SdF2	B	0.15-0.30
Tanama Ta	D	0.0-0.05
Estudio de Suelo Área Arecibo		
Algarrobo AgC	A	0.30-0.45
Espinosa EbB	B	0.15-0.30
Colina, Gay CIE2	B	0.15-0.30
Almirante Amb	B	0.15-0.30
Carrizales CeC	A	0.30-0.45
Bayamón BeB	B	0.15-0.30
Coto CtB	B	0.15-0.30
Matanzas MsB	B	0.15-0.3D
Toa To	B	0.15-0.30
Afloramiento Calizo Lo Asociación San Sebastián	B	0.15-0.30
Piedra Caliza Soler SrD	D	0.0-0.05

## VI. INUNDACIONES A LO LARGO DE LA CARRETERA PR-2 EXISTENTE

La conversión de la Carretera PR-2 en un expreso requiere una mejora substancial en tramos que al presente se ven afectadas por inundaciones debido al exceso de escorrentía superficial o deficiencias en el sistema pluvial local. Como investigación preliminar, los puntos sobresalientes para la conversión de la Carretera PR-2 se describen a continuación.

1. De acuerdo con FEMA (Referencia 11), el evento de inundación del Río Camuy inundará la estructura del puente y una sección de cerca de 700 metros de la Carretera PR-2 existente entre los municipios de Hatillo y Camuy. FEMA muestra un nivel aproximado de 5 metros aguas abajo del puente existente. El puente propuesto ubicado aguas arriba estaría elevado sobre el nivel de inundación de los 100-años del área. La Figura 15 muestra la ubicación del puente propuesto sobre el río Camuy.
2. De acuerdo con FEMA (Referencia 12) el evento de inundación de los 100-años en el Río Guajataca no afectaría la estructura del puente propuesto. La Figura 16 muestra la ubicación del puente propuesto sobre el Río Guajataca.
3. De acuerdo con FEMA (Referencia 9) el evento de inundación de los 100-años del Río Culebrinas inundará cerca de 450 metros de la

Carretera PR-2, en un área a 500 metros al sur de la intersección con la PR-111 en el municipio de Aguadilla.

4. Las condiciones actuales del drenaje local para la Carretera PR-2 son deficientes para el propósito de construir un expreso. El expreso propuesto tendría un aumento significativo en la escorrentía sobre los sistemas de drenaje local existentes y los sub-sistemas adyacentes. La construcción de un expreso a lo largo de la Carretera PR-2 existente requiere una evaluación detallada y un desarrollo de mejoras significativas a los sistemas de drenaje locales y sub-sistemas de la periferia a lo largo de toda la ruta.
5. El sistema de alcantarillado pluvial, generalmente viejo y deficiente, existente en la PR-2 debido al aumento del desarrollo urbano a lo largo de la ruta en los pasados 30 años, presenta el problema más importante a solucionarse con la alternativa de conversión de la PR-2.
6. Con dicha alternativa la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT) tendría que invertir gran cantidad de fondos para mejorar el sistema de descarga de aguas pluviales a lo largo de la ruta.
7. Los estudios de mitigación en áreas urbanas normalmente requieren estanques de detención para solucionar el aumento en la descarga. Estos estanques requerirán la adquisición de extensos terrenos urbanos. Los estudios de mitigación estarán basados en el Reglamento 3 de la Junta de Planificación de Puerto Rico.

Debido a las condiciones de infraestructura de drenaje, la extensión requerida de los estudios hidráulicos e hidrológicos, la adquisición de terrenos urbanos, y la falta de coordinación en la planificación de las áreas urbanizadas en la PR-2 en años pasados, no se recomienda la alternativa de conversión a expreso de la PR-2.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio hidrológico ambiental para evaluar las alternativas de rutas propuestas para la extensión de la Carretera PR-22 desde Hatillo hasta Aguadilla resultó en las siguientes conclusiones y recomendaciones. El documento es más específico, por lo que se recomienda la lectura de las secciones particulares..

1. LAS CUENCAS DE DRENAJE PRINCIPALES incluyen el Río Camuy, Río Guajataca, Río Culebrinas y el Caño Madre Vieja. El cruce del expreso sobre estos cursos de agua no presentará efectos significativos en las condiciones inundables existentes en el área. En la intersección con la Carretera PR-2, la conexión con la sección de la carretera deberá estar sobre los 8.5 metros (MSL). La intersección con la PR-111 deberá construirse con un perfil vertical de más de 9 metros (MSL). Se debe realizar en la fase de diseño un análisis detallado del efecto de la intersección propuesta sobre el drenaje local

y las inundaciones existentes del Caño Madre Vieja. Para la porción de la carretera en la Zona I en el área del Río Culebrinas (final de la ruta), se requiere un estudio hidráulico para cumplir con el Reglamento de Planificación No 13.

2. LAS CUENCAS DE DRENAJE MENORES incluyen la Quebrada La Sequía y la Quebrada La Seca. El cruce en la Quebrada La Sequía no presenta problemas mayores para la construcción de la carretera. En la Quebrada La Seca el patrón de flujo necesita considerarse ya que el flujo está dirigido a través de una carretera existente en la comunidad. El efecto de la construcción de la carretera se minimiza mediante la realización de los debidos estudios de hidrología e hidráulica, la adecuada conducción de las descargas a través de la comunidad y la descarga segura de la escorrentía aguas abajo.
3. La ruta propuesta cruza a lo largo del área del Canal Principal y El Canal Moca cuyo uso primario es el suministro del agua. Se identificaron varios puntos que requerirán el establecimiento de estructuras hidráulicas. El sistema de suministro de agua no debe interrumpirse y el diseño debe considerar esta restricción. Durante la fase del diseño y construcción, se debe dar consideración especial al área de riego y sistemas de suministro de agua conocidos como el Canal Principal y el Canal Moca. La construcción de una carretera en

esta área es factible si es diseñado, manejado y coordinado adecuadamente con los administradores de la AAA y AEE.

4. La ruta propuesta cruza a lo largo del área de agua subterránea y extracción de pozos, cuyos usos primarios son la agricultura y el suministro de agua. Existen cerca de 41 pozos de agua subterránea identificados dentro de la zona completa. El agua subterránea se usa para la agricultura, uso industrial y suministro de agua para actividades domésticas. Los pozos afectados se identificaron y requerirán reubicación o cierre dependiendo de la condición actual.
5. Los sumideros y depresiones a lo largo del Cinturón Cárstico presenta el sistema hidrológico más importante que cruza la carretera a campo traviesa. Los sumideros primarios y secundarios se identificaron a lo largo de la carretera. Ciento veintiuno (121) sumideros/depresiones se identificaron directamente afectados por la construcción de la carretera. La solución considera la reubicación o compensación del área afectada. Un área total de 55 cuerdas sería afectada por la construcción del expreso que requerirá acciones compensatorias.
6. El expreso afectaría la infiltración y recarga a lo largo de una franja de 466 cuerdas de terreno. La carretera cruza suelos de Clasificación Hidrológica (B) con razones de infiltración de 0.15 a 0.30 pulgadas por hora en suelo saturado. Este es la base para re-establecer la capacidad de recarga del área. Las áreas de infiltración se diseñarán

adecuadamente para la restauración de la recarga que incluirá una fase de detención y una fase final de infiltración. Se logrará un control de calidad adecuado al proveer una combinación de pre-tratamiento de la primera pulgada de escorrentía que puede ser combinada con el sistema de mitigación descrito anteriormente.

7. Los sistemas mayores o sumideros con una cuenca grande de drenaje ocurren la mayor parte al sur del expreso y no se afectarán por la construcción de la carretera. Sin embargo, cualquier sumidero que reciba descargas existentes y propuestas desde el expreso al sur o al norte, requeriría un sistema de mitigación y seguiría las recomendaciones incluidas aquí.
8. La alternativa Conversión de PR-2 a un Expreso no se recomienda desde el punto hidrológico. Presenta serios problemas de infraestructura, deficiencias de drenaje, inseguridades sobre los sistemas existentes, en parte debido a la falta de planificación durante las pasadas décadas a lo largo de la ruta. El desarrollo de esta alternativa requerirá estanques de mitigación que están asociados a la adquisición y altos costos de mantenimiento de terrenos urbanos.

## VIII REFERENCIAS

1. U.S. Department of the Interior, Geological Survey, "Water Resources of the North Coast Limestone Area, Puerto Rico," E.V.Giusti and G.D. Bennert, febrero 1976.
2. P.R. Department of Transportation and Public Works Highway Authority, "Hydrologic and Hydraulic Studies of the Camuy River at P.R.-2, Camuy Municipality," Hidalgo y Alejandro, 30 de septiembre de 1980.
3. Federal Emergency Management Agency, "Flood Insurance Study, Commonwealth of Puerto Rico", volumen 5, 2 de junio de 1999.
4. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, "Guajataca Dam, Puerto Rico, Estimated Peak flow Frequency Curve for High Return Period Floods," Technical Serviced Center, febrero de 2002.
5. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, "Dam Safety Studies For Guajataca Dam, Puerto Rico, Spillway Evaluation," Technical Service Center, diciembre de 2002.
6. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, "Dam Safety Studies for Guajataca Dam, Puerto Rico, Flood Routing Study," Technical Memorandum No. GT-8130-SS-02-1, Technical Service Center, febrero de 2002.
7. López A. Colon-Dieppa E, and Cobb ED., "Floods in Puerto Rico, Magnitude and Frequency," U.S. Geological Survey Water Resources Investigations 78-141.
8. PR Electric and Power Authority, Inspection and Regulations of Dams and Reservoirs Unit, "Hydrologic-Hydraulic Study, Guajataca Dam, Isabela, Puerto Rico, 25 de marzo de 1998.
9. Federal Emergency Management Agency (FEMA,) Flood Insurance Rate Map (FIRM,) Community Panel Number 720000 0009E, fecha del 2 de junio de 1999.
10. U.S. Department of the Interior, Geological Survey, "Estimation of Magnitude and Frequency of Floods for Streams in Puerto Rico, New Empirical Models," Water Resources Investigation Report 99-4142, Orlando Ramos-Gines.
11. Federal Emergency Management Agency (FEMA,) Flood Insurance Rate Map (FIRM,) Community Panel Number 720000 0021 D, fecha del 2 de junio de 1999.
12. Federal Emergency Management Agency (FEMA,) Flood Insurance Rate Map (FIRM,) Community Panel Number 720000 0020 C, fecha del 2 de junio de 1999.

EXHIBIT 1

LISTADO POZOS DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES

Corredor Hatillo Aguadilla PR-22  
Inventario de Pozos (Trabajo de Campo)

Municipio	Compañía	Dueño	Uso	Precisión	Longitud	Latitud	Elevación (mts)	
Hatillo	Vaquería Jose Luis González	Jose Luis González	A	5.18	66.77718	18.46578	32.77	
	Vaquería Lucho	Justo Mercado	A	4.57	66.79197	18.46120	70.27	
	Vaquería Los Campos	Francisco Ruíz López	A	4.57	66.79350	18.45857	84.91	
				A	6.40	66.77877	18.46545	55.79
		<b><u>Adolfo García Amador</u></b>	<b><u>Adolfo García Amador</u></b>	<b><u>A</u></b>	<b><u>3.96</u></b>	<b><u>66.81238</u></b>	<b><u>18.47772</u></b>	<b><u>39.63</u></b>
		<b><u>El Pirata</u></b>	<b><u>Pedro García</u></b>	<b><u>A</u></b>	<b><u>5.79</u></b>	<b><u>66.81510</u></b>	<b><u>18.47650</u></b>	<b><u>29.27</u></b>
		Carimary Dairy	Luis Sierra Toledo	A	5.49	66.80115	18.46588	85.98
		Reinaldo Dorta	Reinaldo Dorta	A	4.57	66.79733	18.47195	51.83
		<b><u>Vaquería Juan Dorta</u></b>	<b><u>Luis J. García Dorta</u></b>	<b><u>A</u></b>	<b><u>6.10</u></b>	<b><u>66.79270</u></b>	<b><u>18.47353</u></b>	<b><u>50.30</u></b>
		AAA	Bo. Capaez & Las Piedras	AAA	6.71	66.81497	18.47317	29.27
Camuy	<b><u>AAA</u></b>	<b><u>Río Camuy</u></b>	AAA	8.23	66.82885	18.47292	5.79	
	Vaquería Taty Toledo	Alfredo S. Toledo González	A	5.18	66.84385	18.46062	99.70	
	Vaquería Taty Toledo	Alfredo S. Toledo González	A	4.57	66.84075	18.45927	81.55	
	Vaquería Tosado	Laury Jorge	A	4.88	66.86235	18.45985	104.27	
	AAA	Pozo Talavera #1	AAA	8.23	66.86343	18.46163	112.50	
	AAA	Pozo Talavera #2	AAA	7.32	66.85968	18.46117	113.11	
	Vaquería Vega	Luis Rene Delgado	A	8.23	66.86560	18.45702	112.20	

Corredor Hatillo Aguadilla PR-22

Inventario de Pozos (Trabajo de Campo)

Municipio	Compañía	Dueño	Uso	Precisión	Longitud	Latitud	Elevación (mts)
	AAA	PR-119 La Pica y Cienaga	AAA	5.79	66.86817	18.45663	117.68
	AAA	PR-119 La Pica y Cienaga	AAA	5.49	66.87073	18.45647	109.76
	AAA	PR-119 La Pica y Cienaga	AAA	4.88	66.87340	18.45650	107.93
	Eyramil Dairy	Luis Rene Delgado	A	4.57	66.87088	18.45353	103.66
	Vaquería Soto Vidot	Soto -Bidot	A	5.18	66.887703	18.45505	115.85
	Goyo Toledo	Goyo Toledo	A	4.57	66.89093	18.45713	105.18
	Luis Rene Delgado	Luis Rene Delgado	A	6.10	66.88065	18.45577	111.28
	<b><u>C-19 Teddy Alfonso</u></b>	<b><u>Teodoro Alfonso</u></b>	<b><u>A</u></b>	<b><u>7.01</u></b>	<b><u>66.87208</u></b>	<b><u>18.44548</u></b>	<b><u>137.50</u></b>
	Luis Domingo Hernández	Gabriel Pérez	A	7.01	66.89340	18.44712	138.72
Quebradilla	José G. Toledo Toledo	David Cruz	A	4.27	66.90785	18.45065	144.82
	USGS	USGS	Prueba	3.96	66.92335	18.44442	160.67
	Cacao Dairy	Jesús J. Toledo Díaz	A	5.79	66.95365	18.44737	155.18
Isabela	Aquaright	Jaime R. Nieves Machado	I	10.67	66.99638	18.46397	84.15
	Farmer Inc. (Vaquería Ramos)	Miguel A. Ramos Cruz	I	3.96	67.00975	18.46863	104.57 X
	<b><u>Farmer Inc. (Vaquería Ramos)</u></b>	<b><u>Miguel A. Ramos Cruz</u></b>	<b><u>A</u></b>	<b><u>4.88</u></b>	<b><u>67.00772</u></b>	<b><u>18.45780</u></b>	<b><u>93.29 X</u></b>
	ACH Ornaments (Gramma)	Adriano Chiesa González	A	4.57	67.01282	18.46047	127.13
	<b><u>Juglar Aggregates Corp.</u></b>	<b><u>Antontio Joglar Moreno</u></b>	<b><u>A</u></b>	<b><u>5.79</u></b>	<b><u>67.01635</u></b>	<b><u>18.47033</u></b>	<b><u>98.78</u></b>
	Mundo Real (Gravero)	Santiago Varela	A	6.10	67.04138	18.45018	155.18
	Benítez Toledo, Inc.	Carlos Benítez	A	9.15	67.04423	18.44513	160.98
	José M. Nieves (Gramma)	José M. Nieves	A	4.88	67.04912	18.44665	164.33
Moca	Carlos Alfredo Dairy		A	5.49	67.05968	18.44060	159.76
Aguadilla	Vaquería Alberto Toro	Luis A. Cordero Mangual	A	4.27	67.09272	18.43810	169.21
	Luis A. Cordero		A	4.57	67.11907	18.43483	179.88
	Bloques Barreto		I	11.28	67.14993	18.40097	20.43

## **LISTA DE FIGURAS**

**TRADUCCION DE LAS FIGURAS NUMERO 1 A LA 4**

<b>IDIOMA INGLES</b>	<b>IDIOMA ESPAÑOL</b>
Figure	Figura
Kilometers	Kilómetros
Miles	Millas
Surface Water Station and Number	Estación de Agua Terrestre y Número
Quality of Water Station and Number	Calidad de la Estación de Agua y Número
Lake Elevation Station and Number	Elevación de la Estación del Lago y Número
Well and Well Number	Pozo y Número de Pozo
Channel Flow Direction	Dirección del Flujo en el Canal
Town or City	Pueblo o Ciudad
Caño Tiburones Flow Direction	Dirección del Flujo del Caño Tiburones
Drainage Basin Boundary	Límites de Drenaje de la Cuenca
Source	Fuente
US Geological Survey	Servicio Geológico de los Estados Unidos
Basin	Cuenca
Peak Flow	Flujo Pico
Dam	Represa
Area	Area
General Extreme Value Curve for Guajataca Dam	Extremo General de la Curva de Valores en la Represa del Guajataca
Return Period (Years)	Periodo de Retorno (Años)
Peak Flow Distribution using Index Flood and L-moment for GEV Distribution	Distribución del Flujo Pico utilizando el Índice de Inundación y momento-L para la distribución GEV
Upper Error Bound by Regional Simulation	Error Superior atado por Simulación Regional
GEV Distribution	Distribución GEV
Extrapolation of this Curve beyond 100 years is not recommended	No se recomienda la extrapolación de esta curva hasta 100 años

**TRADUCCION DE LAS FIGURAS NUMERO 5 A LA 7**

<b>IDIOMA INGLES</b>	<b>IDIOMA ESPAÑOL</b>
Figure	Figura
Kilometers	Kilómetros
Miles	Millas
Surface Water Station and Number	Estación de Agua Terrestre y Número
Quality of Water Station and Number	Calidad de la Estación de Agua y Número
Lake Elevation Station and Number	Elevación de la Estación del Lago y Número
Well and Well Number	Pozo y Número de Pozo
Channel Flow Direction	Dirección del Flujo en el Canal
Town or City	Pueblo o Ciudad
Bridge Over Guajataca River	Puente sobre el Río Guajataca
Drainage Basin Boundary	Límites de Drenaje de la Cuenca
Source	Fuente
US Geological Survey	Servicio Geológico de los Estados Unidos
Basin	Cuenca
100 YR Water Surface Limit	Límite Superficial del Agua en 100 Años
100 Year Flood	Inundación en 100 Años
Rio Culebrinas Flood Prone Area at Project Site	Area Propensa de Inundación del Río Culebrinas en el sitio del proyecto

**TRADUCCION DE LAS FIGURAS NUMERO 5 A LA 7**

<b>IDIOMA INGLES</b>	<b>IDIOMA ESPAÑOL</b>
Reference Marks	Elevaciones de Referencia
Elevation in meters	Elevaciones en metros
Description of Location	Descripción de la Localización
Mean Sea Level	Elevación Promedio del Mar
Limit of Study	Límite de Estudio
Flood Insurance not available for Structures Newly Built or substantially improved on or after November 16, 1991 – Not used in a manner consistent with the purpose of the otherwise protected areas	Seguros de inundación no están disponibles para nuevas estructuras o estructuras substancialmente mejoradas en o después del 16 de noviembre de 1991- No se utiliza de manera consistente con el mismo propósito como se utilizaría en áreas protegidas.
Galvanized nail at centerline of Puerto Rico Highway 441 at the intersection with Entrance road to US Antenna Area, in Carraizo Ward, Aguada, Puerto Rico. Established by Lebrón, Sanfiorenzo & Fuentes.	Clavo galvanizado en el centro de la carretera 441 y la intersección con la entrada a la carretera del área de la antena de los EU en el Barrio Carraizo, Aguada, Puerto Rico. Establecida por Lebrón, Sanfiorenzo y Fuentes.
Galvanized nail at centerline of intersection of Puerto Rico Highway 439 and 441 in Tablonal Ward, Aguada, Puerto Rico. Established by Lebrón, Sanfiorenzo & Fuentes.	Clavo galvanizado en el centro de la intersección con la carretera Puerto Rico 2 y la 441 en la Barriada Tablonal, Aguada, Puerto Rico. Establecida por Lebrón, Sanfiorenzo y Fuentes.
Galvanized nail at centerline of intersection of old Puerto Rico Highway 2 and connection road to Puerto Rico Highway 418 in Aguada, Puerto Rico. Established by Lebrón, Sanfiorenzo & Fuentes.	Clavo galvanizado en el centro de la intersección de la antigua carretera Puerto Rico 2 y la conexión de la carretera Puerto Rico 418, Aguada, Puerto Rico. Establecida por Lebrón, Sanfiorenzo y Fuentes.
Square cut at southwest corner of old Puerto Rico Highway 2, bridge crossing Rio Culebrinas, near KM post 27. Established by Lebrón, Sanfiorenzo & Fuentes.	Corte cuadrado en la esquina suroeste de la antigua carretera Puerto Rico 2, puente cruzando el Río Culebrinas, cerca del kilómetro marcado 27. Establecida por Lebrón, Sanfiorenzo y Fuentes.
Square cut at south corner of steel bridge on Puerto Rico Highway 418 crossing Rio Culebrinas, located near Boundary between the Torres of Aguadilla and Aguada. Established by Lebrón, Sanfiorenzo & Fuentes.	Corte cuadrado en la esquina sur del puente de acero en la carretera Puerto Rico 418, cruzando el Río Culebrinas, localizado cerca del límite entre las torres de Aguadilla y Aguada. Establecida por Lebrón, Sanfiorenzo y Fuentes.
Square cut at northwest corner of Puerto Rico Highway 2 bridge crossing Rio Culebrinas at KM Post 131.0. Established by Lebrón, Sanfiorenzo & Fuentes.	Corte cuadrado en la esquina noroeste de la carretera Puerto Rico 2, puente cruzando el Río Culebrinas, cerca del kilómetro marcado 131.0. Establecida por Lebrón, Sanfiorenzo y Fuentes.
Railroad Spike (punched in center) located in south edge of P.R. Route 417 at intersection of P.R. Route 2 By-pass, approximately 0.3 kilometers southwest of P.R. Route 2, approximately 9.6 meters north of northwest corner of building, approximately 23.4 northwest of power pole, approximately 23.4 meters northwest of telephone pole.	Riel del tren (marcado en el centro) localizado en la orilla sur de la Ruta 417 en la intersección del desvío de la Ruta P.R. 2, aproximadamente 0.3 kilómetros al suroeste de la Ruta P.R. 2, aproximadamente 9.6 metros al norte de la esquina noroeste de edificio, aproximadamente a 23.4 metros noroeste del poste de energía, aproximadamente 23.4 metros noroeste del poste de teléfono.

**TRADUCCION DE LAS FIGURAS NUMERO 8 A LA 12D**

<b>IDIOMA INGLES</b>	<b>IDIOMA ESPAÑOL</b>
Figure	Figura
Zone 1	Zona 1
River	Río
Creek	Quebrada
Crossing	Cruce
Profile	Perfil
Culebrinas River Area PR-22 Crossing	Area del Río Culebrinas en el Cruce de la PR-22
FEMA Flood Boundary	Límites de Inundaciones de FEMA
Existing Ground	Terreno Existente
Finished Grade	Elevación Final
Fema Flood Level	Nivel de Inundación de FEMA
100 YR Water Surface Limit	Límite Superficial del Agua en 100 Años
Main and Secondary Irrigation Canal PR-22 Crossings	Canal de Irrigación Primarios y Secundarios en el Cruce de la PR-22
Secondary Channels	Canales Secundarios
Wells Location Along PR-22 Route	Localización de Pozos a lo largo de la Ruta PR-22

**TRADUCCION DE LAS FIGURAS NUMERO 13 LA 16**

<b>IDIOMA INGLES</b>	<b>IDIOMA ESPAÑOL</b>
Figure	Figura
Legend	Leyenda
Route	Ruta
Proposed PR-22 Route	Ruta Propuesta PR-22
Proposed Bridge	Puente Propuesto
Existing Sinkhole/Depression	Sumidero Existente/ Depresión
Relocated Sinkhole/Depression	Sumidero Relocalizado/ Depresión
Sinkholes at PR-22 Route	Sumideros en la Ruta PR-22
Major Sinkhole	Sumidero Mayor
Detention Pond	Charca de Retención
Hydrologic Group	Grupo Hidrológico
Hydrologic Group Soils Classification	Grupo Hidrológico Clasificación de Suelos
Zone	Zona
Flood Prone Area at Project Site	Area Propensa de Inundación en el Lugar del Proyecto