

Preámbulo
Declaración de Impacto Ambiental Preliminar
Proyecto Embalse Beatriz, Municipio de Caguas

Este documento constituye la Declaración de Impacto Ambiental Preliminar (DIA-P) para el Proyecto Embalse Beatriz, propuesto por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados como parte de su Programa de Mejoras Capitales. El Proyecto consiste en la construcción de un embalse sobre la Quebrada Beatriz en el Barrio del mismo nombre. El Embalse estará alimentado por una nueva toma en el Río Turabo y por la Quebrada Beatriz. El Embalse ocupará un predio de aproximadamente 145 cuerdas con una capacidad de 8.0 millones de metros cúbicos. Se evaluaron dos alternativas para transferir el agua desde el Río Turabo hasta el embalse propuesto: una tubería o un túnel de aducción. También se construirá una nueva planta de filtración en el Barrio Beatriz de Caguas, con capacidad de 14 mgd; dos (2) tanques de almacenamiento con capacidad de 3.5 millones de galones (MG) cada uno y 3.5 kilómetros de tuberías de 36 pulgadas de diámetro para conducir el agua potable por gravedad desde los tanques hasta el punto de conexión al sistema de distribución existente. El Proyecto tendrá un rendimiento seguro entre 13 y 14 millones de galones por día (mgd), dependiendo del diseño final. El Proyecto proveerá abastos de agua potable seguros y confiables a los residentes de Caguas Pueblo, y Barrios Turabo, Bairoa, Tomás de Castro, Borinquen, Beatriz, Cañabón y Cañaboncito. La construcción del Proyecto se llevará a cabo en un periodo de aproximadamente tres años a un costo estimado entre \$ 129 - 159 millones.

La DIA-P fue preparada en cumplimiento con la Ley Sobre Política Pública Ambiental de Puerto Rico (Ley Núm. 416 de 2004) y el Reglamento de la Junta de Calidad Ambiental para el Proceso de Presentación, evaluación y Trámite de Documentos Ambientales. La DIAP incluye estudios de campo de los predios que ocupará el Embalse Beatriz y otras obras del Proyecto, incluyendo: Hidrología-Hidráulica; Sedimentación y Vida Útil; Rotura Potencial de la Represa; Flora y Fauna Terrestre y Acuática; Valor Agrícola; Humedales; Arqueología; Geotécnica-Sismicidad; Generación de Ruidos; Socioeconomía y Justicia Ambiental; y el Diseño Conceptual de las obras. Además, se llevaron a cabo análisis sobre el medioambiente del predio y la zona utilizando datos disponibles de otros estudios. La DIA-P concluye que los impactos ambientales más significativos del desarrollo del Proyecto serán el uso de los terrenos y los recursos de agua, impactos inevitables para suplir la demanda actual y futura de agua potable a los residentes de la zona urbana de Caguas. La AAA implantará medidas para mitigar éstos y otros impactos del Proyecto.

Agencia Proponente
Dirección:
Teléfono:
Título de la Acción Propuesta:
Funcionario Responsable:

Identificación del Documento:
Fecha de Circulación:

Autoridad de Acueductos y Alcantarillados
P.O. Box 7066, San Juan, P.R. 00916-7066
787-999-1717, ext. 246
Proyecto Embalse Beatriz
Adamaris Quiñones, P.E.
Directora Auxiliar de Planificación, AAA
Declaración de Impacto Ambiental Preliminar
Julio de 2007

TABLA DE CONTENIDO

CARTA DE TRÁMITE	
TABLA DE CONTENIDO	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE APÉNDICES	
LISTA DE TABLAS	
ABREVIATURAS	
GLOSARIO	
RESUMEN EJECUTIVO	
Necesidad del Proyecto	
Resumen de las Alternativas	
Configuración del Proyecto Propuesto	
Impactos Ambientales y Medidas de Mitigación	
1. INTRODUCCION	1
1.1 Descripción y Propósito de la Acción Propuesta.....	1
1.2 Descripción de los Componentes del Proyecto.....	1
1.3 Financiamiento del Proyecto	3
1.4 Metodología y Componentes del Documento Ambiental	4
2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIOAMBIENTE	7
2.1 Clima	7
2.2 Topografía y Cuerpos de Agua.....	8
2.3 Geología.....	9
2.3.1 Sismicidad.....	10
2.4 Suelos	11
2.4.1 Actividades Agrícolas	11
2.4.2 Suelos.....	12
2.5 Usos de Terrenos.....	15
2.6 Plan de Ordenamiento Territorial y Plan de Usos de Terrenos de Puerto Rico	16
2.6.1 Plan de Ordenamiento Territorial	16
2.6.2 Plan de Uso de Terrenos de Puerto Rico	19
2.7 Infraestructura	22
2.7.1 Vías de Transportación	22
2.7.2 Energía Eléctrica.....	23
2.7.3 Acueducto y Alcantarillado	24
2.7.4 Áreas Urbanas	25

2.7.5	Cantera	26
2.8	Hidrología Superficial	26
2.8.1	Límites de Cuenca y Estaciones de Aforo	26
2.8.2	Caudales Medios y Mínimos del Río Turabo	26
2.8.3	Inundaciones y Áreas Inundables	27
2.8.4	Rendimiento de Sedimento	28
2.9	Geomorfología Fluvial.....	28
2.9.1	Enfoque del Estudio	28
2.9.2	Clasificación de los Ríos en el Área de Estudio.....	29
2.9.3	Consideraciones para la Toma del Río Turabo	30
2.9.4	Consideraciones para el Embalse	30
2.10	Aguas Subterráneas	31
2.10.1	Inventario de Pozos	31
2.10.2	Características Regionales y Locales.....	32
2.11	Estudio de Riesgo Ambiental	33
2.12	Calidad del Agua	35
2.12.1	Reglamentación de la Calidad de Agua	35
2.12.2	Encuesta Sanitaria.....	36
2.12.3	Estándares del Departamento de Salud	37
2.13	Calidad del Aire	38
2.14	Ruido	38
2.15	Sistemas naturales	40
2.16	Flora y Fauna Terrestre	41
2.16.1	Metodología.....	41
2.16.2	Flora Terrestre	42
2.16.3	Recursos Forestales.....	43
2.16.4	Fauna Terrestre	44
2.16.5	Conclusiones Sobre Biología Terrestre	46
2.17	Flora y Fauna Acuática.....	47
2.17.1	Trasfondo	47
2.17.2	Metodología.....	47
2.17.3	Resultados.....	48
2.17.4	Especies Amenazadas o en Peligro de Extinción o de Algún Interés de Conservación.....	49
2.18	Aguas de los Estados Unidos Incluyendo Humedales.....	50
2.19	Recursos Culturales	52
2.19.1	Fase 1A	52
2.19.2	Fase 1B.....	53
2.20	Recreación Actual y Potencial en los Ríos	54
2.21	Características Socio-económicos	54

2.21.1	Población.....	54
2.21.2	Ingresos	57
2.21.3	Empleo y Sectores Económicos Principales	57
2.21.4	Sector Turístico.....	59
3.	NECESIDAD DEL PROYECTO	60
3.1	Enfoque del Análisis.....	60
3.2	Rendimiento seguro de Fuentes de Agua existentes	62
3.3	Proyecciones de la Necesidad de Agua por CDM	63
3.3.1	Componentes de las Proyecciones	63
3.3.2	Metodología de la Proyección de OPA/CDM.....	65
3.3.3	Resultados de las Proyecciones de CDM	66
3.3.4	Discusión de las Proyecciones de CDM	67
3.4	Demanda de Agua Modificada.....	68
3.4.1	Calculo Modificado de la Necesidad de Agua, Año 2000	68
3.4.2	Proyección de Demanda de Agua Modificada.....	69
3.4.3	Conclusiones Referentes a la Demanda de Agua	71
3.5	Evaluación de la Necesidad del Proyecto.....	71
4.	ANALISIS DE ALTERNATIVAS.....	73
4.1	ALTERNATIVAS EVALUADAS.....	73
4.1.1	Alternativa de No-Acción.....	74
4.1.2	Alternativa de Tomas ó Extracciones Adicionales en Fuentes Superficiales	75
4.1.3	Alternativa de Otros Embalses	76
4.1.4	Alternativa de Utilización de Agua Subterránea.....	79
4.1.5	Alternativa de Transferencia de Agua de Otras Zonas.....	79
4.1.6	Alternativa de Conservación del Agua	80
4.1.7	Alternativa de Control de Agua No-Contabilizada	80
4.1.8	Alternativa de Reutilización de Agua	81
4.1.9	Alternativa Propuesta (Preferida) del Embalse Beatriz	82
4.2	Comparación de las Alternativas Evaluadas	84
4.3	Configuración del Proyecto Propuesto en la Alternativa Preferida	85
4.4	Descripción detallada de la Alternativa Preferida	90
4.4.1	Resumen de Componentes del Proyecto.....	90
4.5	Detalles de los Componentes de la Acción Propuesta.....	92
4.5.1	Toma en el Río Turabo	92
4.5.2	Transmisión de Agua Cruda hasta el Embalse	92
4.5.3	Represa en la Quebrada Beatriz que Formará el Embalse Beatriz	94
4.5.4	Línea de Agua Cruda Aguas Abajo del Embalse.....	96

4.5.5	Estación de Bombeo de Agua Cruda en la Nueva Planta de Filtración.....	96
4.5.6	Planta de Filtración.....	96
4.5.7	Tanques de Almacenaje de Agua Potable.....	97
4.5.8	Línea de Agua Potable.....	97
5.	PERMISOS Y REQUERIMIENTOS REGLAMENTARIOS	99
5.1	Agencias Federales.....	99
5.1.1	Agencia Protección Ambiental (EPA).....	99
5.1.2	Cuerpo de Ingenieros (USACE).....	100
5.2	Agencias del estado libre asociado.....	101
5.2.1	Administración de Reglamentos y Permisos (ARPE).....	101
5.2.2	Autoridad de Energía Eléctrica (AEE).....	101
5.2.3	Cuerpo de Bomberos de Puerto Rico.....	103
5.2.4	Departamento de Recursos Naturales y Ambiente (DRNA).....	103
5.2.5	Departamento. de Transportación y Obras Públicas (DTOP).....	104
5.2.6	Autoridad de Carreteras y Transportación.....	105
5.2.7	Departamento de Salud	105
5.2.8	Junta de Calidad Ambiental (JCA).....	105
5.2.9	Junta de Planificación (JP)	107
5.2.10	Instituto de Cultura Puertorriqueña (ICPR)	108
5.2.11	Municipio de Caguas	108
6.	IMPACTOS PROBABLES DEL PROYECTO PROPUESTO Y MEDIDAS DE MITIGACION	109
6.1	Sustentabilidad del Proyecto.....	109
6.1.1	Concepto de la Sostenibilidad.....	109
6.1.2	Disponibilidad del Recurso y Mantenimiento de la Infraestructura... ..	110
6.1.3	Estrategia para el Manejo de los Sedimentos	110
6.2	Consistencia con Planes Vigentes	112
6.3	Impactos Hidrológicos	114
6.3.1	Impacto de Sedimentación en el Embalse.....	114
6.3.2	Impacto en Flujos Mínimos	114
6.3.3	Impacto en el Embalse Carraízo (Lago Loíza).....	115
6.3.4	Impactos en Inundaciones.....	115
6.3.5	Geomorfología Fluvial: Impactos y Medidas de Mitigación.....	118
6.3.6	Impactos a Recursos de Agua Subterránea.....	118
6.3.7	Impactos en la Calidad del Agua	119
6.3.8	Plan de Manejo para la Cuenca Hidrográfica del Río Turabo	120
6.4	Impactos en Recursos Biológicos	121
6.4.1	Ecosistemas Acuáticos: Impactos y Medidas de Mitigación	121

6.4.2	Impactos en Aguas Jurisdiccionales y Medidas de Mitigación ..	124
6.4.3	Impactos en Ecosistemas Terrestres y Medidas de Mitigación...	125
6.5	Impactos Socioeconómicos	128
6.5.1	Impactos a la Salud y Seguridad Pública	128
6.5.2	Impactos a la Recreación.....	129
6.5.3	Generación de Empleos	129
6.5.4	Impacto Económico	130
6.6	Justicia Ambiental	132
6.7	Impactos por Emisiones de Ruido	136
6.7.1	Ruido Durante Construcción y Medidas de Mitigación	136
6.7.2	Ruido Durante la Fase Operacional y Medidas de Mitigación ...	137
6.8	Tránsito	137
6.8.1	Facilidades de Acceso.....	137
6.8.2	Tránsito Durante la Fase de Construcción	138
6.8.3	Tránsito Durante la Fase Operacional	139
6.9	Impactos en Infraestructura.....	139
6.9.1	Agua Potable	139
6.9.2	Alcantarillado	140
6.9.3	Energía Eléctrica.....	140
6.9.4	Relleno Sanitario	141
6.9.5	Aguas Pluviales.....	141
6.10	Calidad del Aire	141
6.10.1	Fase de Construcción: Impactos y Medidas de Mitigación	141
6.10.2	Fase Operacional: Impactos y Medidas de Mitigación	143
6.11	Impactos a los Recursos Culturales	143
6.12	Impactos Visuales y Estéticos	144
6.13	Impactos en Recursos Agrícolas	145
6.14	Movimiento de Terreno y Control de Erosión.....	146
6.15	Manejo de Desperdicios Sólidos	147
6.15.1	Fase de Construcción.....	148
6.15.2	Fase Operacional.....	150
6.15.3	Dragado del Embalse	150
6.16	Tabla de Resumen de Impactos y su Mitigación	150
7.	IMPACTOS ACUMULATIVOS	157
7.1	Agua Superficial	161
7.1.1	Variación en el Régimen de Flujo	162
7.1.2	Transporte de Sedimentos	166
7.1.3	Calidad de Agua	173
7.2	Aguas Subterráneas	174

7.3 Usos de Terrenos	177
7.4 Impactos Ecológicos (Recursos Biológicos).....	184
7.4.1 Hábitat Terrestre	184
7.4.2 Hábitat Acuático y Ribereño	186
7.5 Infraestructura	190
7.6 Impactos Acumulativos a las Alternativas Evaluadas	192
8. COMPROMISOS IRREVOCABLES E IRREVERSIBLES DE LOS RECURSOS NATURALES Y ECONÓMICOS NECESARIOS PARA EL PROYECTO	195
9. RELACIÓN ENTRE LA UTILIZACION DEL MEDIOAMBIENTE A CORTO PLAZO Y SU PRODUCTIVIDAD A LARGO PLAZO	196
10. AGENCIAS CONSULTADAS	199
10.1 Autoridad de Carreteras y Transportación	199
10.2 Autoridad de Desperdicios Sólidos.....	200
10.3 Departamento de Agricultura	200
10.4 Departamento de Recursos Naturales y Ambientales	201
10.5 Instituto de Cultura Puertorriqueña.....	202
10.6 Municipio Autónomo de Caguas.....	203
10.7 Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre	203
11. ENTIDADES Y AGENCIAS A LAS QUE SE LES CIRCULA LA DIA-P	205
12. PERSONAL QUE PARTICIPÓ EN LA PREPARACION DEL DOCUMENTO AMBIENTAL	207
13. CERTIFICACIONES DE VERACIDAD.....	209
14. REFERENCIAS.....	212

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localización de los componentes del proyecto propuesto en mapa topográfico.
- Figura 2: Localización de los componentes en fotografía aérea (JP, 2002).
- Figura 3: Esquemático de la configuración del lago y los componentes de la represa en la Quebrada Beatriz.
- Figura 4: Sección Típica de la configuración geotécnica de la represa Beatriz.
- Figura 5: Sección Esquemática señalando la configuración hidrológica del embalse Beatriz.
- Figura 6: Localización de los componentes del Proyecto en el cuadrángulo geológico.
- Figura 7: Localización de los componentes del Proyecto en el mapa de suelos.
- Figura 8: Mapa de zonificación del área del Proyecto (Junta de Planificación).
- Figura 9: Carreteras y caminos impactados por la construcción de las tuberías.
- Figura 10: Límites de las cuencas hidrográficas al embalse, a la toma, del Río Turabo, y localización de las estaciones del USGS.
- Figura 11: Datos de excedencia de flujo para el Río Turabo.
- Figura 12: Mapa de áreas inundables publicadas por FEMA.
- Figura 13: Mapa parcial de la inundación histórica, 5 de Octubre de 1970, para el Río Turabo (Fields, 1972).
- Figura 14: Datos de descarga instantánea y concentración de sedimentos para el Río Turabo recopilados durante los años 1995 y 2000 por la estación 50053025 del USGS.
- Figura 15: Clasificación Morfológica por tramos del Río Turabo.
- Figura 16: Fotos del lugar donde se propone la toma de agua en el Río Turabo.
- Figura 17: Fotos de la Quebrada Beatriz del lugar donde se propone ubicar la represa en tierra.
- Figura 18: Ubicación de los pozos operados por el USGS en la cuenca del Río Turabo.
- Figura 19: Áreas jurisdiccionales en el área del proyecto identificando el área anticipada de impacto.

- Figura 20: Localización de los hallazgos de los recursos culturales en mapa topográfico
- Figura 21: Áreas recreativas en el Río Turabo aguas abajo de la toma propuesta.
- Figura 22: Proyección modificada de agua para el Municipio de Caguas.
- Figura 23: Tendencia histórica y proyección de persona por vivienda.
- Figura 24: Localización de sitios alternos para embalses en la cuenca del Río Grande de Loíza considerados en la selección del Embalse Beatriz
- Figura 25: Comparación conceptual entre un embalse convencional y un embalse fuera de cauce.
- Figura 26: Diagrama esquemático de la toma propuesta en el Río Turabo.
- Figura 27: Curvas de la relación entre volumen de almacenaje y rendimiento seguro para diferentes configuraciones del proyecto.
- Figura 28: Carga Acumulativa de sedimentos del Río Turabo, ilustrando la influencia dominante en las crecidas grandes en el proceso de erosión y descarga de sedimentos en Puerto Rico.
- Figura 29: Comparación de los requisitos de dragado en los embalses Carrazo y Beatriz.
- Figura 30: Excedencia de flujos aguas abajo de los componentes del proyecto propuesto: (A) Quebrada Beatriz inmediatamente aguas abajo de la represa, y (B) Río Turabo inmediatamente aguas abajo de la toma.
- Figura 31: Variación en nivel de agua con el tiempo, embalse Beatriz
- Figura 32: Instalación de gaviones depositados en el Río Turabo.
- Figura 33: Control de inundaciones propuestas para el Río Turabo.
- Figura 34: Perfiles de Inundación en un evento de Rompimiento de Represa.
- Figura 35. Vista de Planta y Perfil de la Alineación Propuesta
- Figura 36. Ilustración de equipo y mecanismo para la elaboración del túnel propuesto. Fuente: The Robbins Company (www.robbinstbm.com)
- Figura 37. Área de Estudio Impacto Acumulativo a Recursos Biológicos
- Figura 38. Ecosistemas Sensitivos en la Zona del Embalse

LISTA DE APENDICES

- Apéndice A. Estudio de Tránsito para el Proyecto del Embalse Beatriz
- Apéndice B. Estudio de Rendimiento Seguro
- Apéndice C. Estudio Hidrológico-Hidráulico, Toma Río Turabo
- Apéndice D. Estudio Hidrológico-Hidráulico, Quebrada Beatriz
- Apéndice E. Estudio de Rendimiento de Sedimento
- Apéndice F. Estudio Morfológico
- Apéndice G. Estudio de Riesgo Ambiental Fase I
- Apéndice H. Encuesta Sanitaria
- Apéndice I. Estudio de Fauna y Flora Terrestre
- Apéndice J. Solicitud de Permiso de Poda, Corte y/o Remoción de Árboles
- Apéndice K. Estudio de Fauna y Flora Acuática
- Apéndice L. Determinación Jurisdiccional de Humedales
- Apéndice M. Estudio de Recursos Culturales, Fase I-A
- Apéndice N. Estudio de Recursos Culturales, Fases I-B
- Apéndice O. Modelación Hidráulica del Sistema de Caguas
- Apéndice P. Cartas de las Agencias
- Apéndice Q. Estudio Hidrológico e Hidráulico para Embalse Quebrada Beatriz, Análisis de Rotura
- Apéndice R. "Cumulative Impact on Carraízo Reservoir Yield"
- Apéndice S. "Beatriz Reservoir Intake Tunnel; Tunnel Feasibility Evaluation"
- Apéndice T. Revisión del Comportamiento Sísmico, Represa Quebrada Beatriz
- Apéndice U. Estudio de Viabilidad Agrícola

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1: Estimado del Costo de Construcción.
- Tabla 2: Condiciones Climatológicas en el Área del Proyecto.
- Tabla 3: Uso de Terrenos en las Áreas de Impacto del Proyecto (cuerdas).
- Tabla 4: Zonificación Actual por Componente del Proyecto
- Tabla 5: Clasificaciones Propuestas para Suelos en el EB según PUTPR
- Tabla 6: Posibles Estructuras en Áreas Urbanas Impactadas por los Componentes del Proyecto.
- Tabla 7: Flujo promedio y 99% excedencia para el Río Turabo y Quebrada. Beatriz.
- Tabla 8: Inventario de pozos operados por el USGS en la cuenca del Río Turabo.
- Tabla 9: Resumen de los Bancos de Datos de Riesgos Ambientales Consultados.
- Tabla 10: Calidad de Agua de los Cuerpos de Agua que Abastecerán el Proyecto (Gómez-Gómez et.al.2001).
- Tabla 11: Niveles de Emisiones de Ruido Permitidos por Reglamento.
- Tabla 11: Niveles de Emisiones de Ruido Permitidos por Reglamento.
- Tabla 13. Impactos a Recursos Forestales.
- Tabla 14: Inventario de Especies de Fauna Terrestre por Grupo.
- Tabla 15: Características Socioeconómicas del Municipio de Caguas y Puerto Rico.
- Tabla 16: Datos Históricos y Proyecciones de Población en el Municipio de Caguas.
- Tabla 17: Número de Permisos de Proyectos de Construcción de Viviendas Otorgados en el Municipio de Caguas por Año.
- Tabla 18: Ingreso Por Familia, por Año.
- Tabla 19: Población Civil de 16 Años o Mayor Empleados en el Municipio de Caguas por Ocupación.
- Tabla 20: Población Civil de Edad de 16 Años o Mayor Empleados en el Municipio de Caguas, por Industria.
- Tabla 21: Producción Normal (2005) y Rendimiento Seguro de Fuentes de Abasto, Caguas.
- Tabla 22: Premisas Socioeconómicas Incorporadas en las Proyecciones de Demanda de Agua por CDM.
- Tabla 23: Premisas Sobre el Porcentaje de Agua No-Contabilizada.

- Tabla 24: Necesidad de Agua (mgd) para Caguas para Cuatro Escenarios de Proyección (CDM, 2004).
- Tabla 25: Cálculo Modificado de la Necesidad de Agua, Año 2000.
- Tabla 26: Proyección de Demanda y Necesidad de Agua, Modificada.
- Tabla 27: Balance de Agua por Año en Base A la Proyección Modificada de Necesidad de Producción.
- Tabla 28: Características de Embalses Considerados para suministro del Municipio de Caguas (GME, 2005).
- Tabla 29: Alternativas para Aumentar el Rendimiento de Agua para Caguas.
- Tabla 30. Alternativas para Transmitir Agua Cruda de la Toma hasta el Embalse
- Tabla 31: Relación Entre Flujo Mínimo en los Ríos y Rendimiento Seguro.
- Tabla 32: Impacto del Embalse en Reducir Flujos Máximos, m³/s.
- Tabla 33: Impacto del Embalse en Reducir Flujos Máximos, m³/s.
- Tabla 34: Resumen de Impactos de Aguas Jurisdiccionales
- Tabla 35. Generación de Empleos asociados a la construcción del Embalse Beatriz.
- Tabla 36. Impacto sobre los diversos sectores de la economía.
- Tabla 37. Impacto del Proyecto sobre los ingresos.
- Tabla 38. Índice y Rango Socioeconómico de Barrios del Municipio de Caguas
- Tabla 39: Medidas de Mitigación para Calidad de Aire durante la Construcción
- Tabla 40: Resumen de Impactos Ambientales Potenciales y Medidas de Control.
- Tabla 41. Recursos Evaluados en el Análisis de Impactos Acumulativos
- Tabla 42. Resumen de Tipos de Consultas de Ubicación Radicadas en la Cuenca Hidrográfica del Río Grande de Loíza (2001-2006)
- Tabla 43: Relación de Flujos Bajos en el Río Turabo en el Sitio de la Toma Propuesta, m³/s.
- Tabla 44: Tamaños de los Sedimentos
- Tabla 45: Actividades que Afectan el Aporte de Sedimentos Gruesos
- Tabla 46. Resumen de Proyectos Presentados ante la Junta de Planificación que Ubican dentro de la Subcuenca Hidrográfica del Río Turabo.
- Tabla 47. Proyectos Propuestos Radicados ante la Junta de Planificación, que ubican en el Municipio de Caguas (2001-2006)

Tabla 48. Resumen de Proyectos presentados ante la Junta de Planificación que ubican dentro de la Subcuenca hidrográfica del Río Turabo.

Tabla 49. Diversidad de Fauna/Flora Acuática y Semi-acuática.

Lista de Abreviaturas

Agencias:

AAA	Autoridad de Acueductos y Alcantarillados
ACT	Autoridad de Carreteras y Transportación
AEE	Autoridad de Energía Eléctrica
AFI	Autoridad para el Financiamiento de la Infraestructura de P.R.
COE	Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U. (U.S. Army Corps of Engineers)
DRNA	Depto. de Recursos Naturales y Ambiente
DTOP	Depto. de Transportación y Obras Públicas
EPA	Agencia Protección Ambiental Federal (Environmental Protection Agency)
JCA	Junta de Calidad Ambiental
JP	Junta de Planificación
NRCS	Servicio Conservación de Recursos Naturales Federal (Natural Resources Conservation Service, previamente Soil Conservation Service)
USFWS	Servicio de Pesca y Vida Silvestre Federal (U.S. Fish & Wildlife Service).
USGS	Servicio Geológico Federal (U.S. Geological Survey)

Otras Abreviaturas:

DIA-P	Declaración de Impacto Ambiental - Preliminar
H/H	Estudio hidrológico e hidráulico
MCL	Niveles máximos de contaminación ("Maximum Contaminant Levels")
PR	Puerto Rico
RECRA	Reglamento Estándares de Calidad del Agua, publicada por la JCA
snm	Elevación, sobre el nivel del mar
SWPPP	Plan de Prevención de Contaminación de Aguas Pluviales ("Stormwater Pollution Prevention Plan")

Unidades

ac	acres
cm	centímetro
d	día
ft	pies
ft ³	pies cúbicos
g	gramos
G	9.8 m/s ²
gal	galones
gpm	galones por minuto
ha	hectárea
km	kilómetro (1.61 millas)
l	litros
m	metro (3.28 pies)
M	Millón
mg	miligramos (10 ⁻³ gramos)
mgd	millones de galones diarios
mg/L	miligramo por litro
mi	milla
mm	milímetros
Mm ³	millones de metros cúbicos
μg	microgramos (10 ⁻⁶ gramos)
MG	millones de galones
m ³	metros cúbicos
NTU	“Nephelometric Turbidity Unit”
pcs	pies cúbicos por segundo
PM _{2.5}	materia particulada de diámetro mayor a 2.5μm
Q ₉₉	flujo que se iguala o excede el 99% del tiempo
s	segundos
ton	toneladas métricas

Glosario

Agua cruda	Agua, antes de ser procesada en una planta de filtración.
Agua filtrada	Agua potable, luego de ser procesada en una planta de filtración.
Carga de arrastre	Los sedimentos arrastrados en el lecho de un río por la corriente.
Cauce	El lecho aparente de un río o quebrada.
Depósito aluvial	Depósitos aluviales son sedimentos depositados por ríos y quebradas durante la época reciente.
Depósito coluvial	Depósitos coluviales son sedimentos depositados al pie de un talud por procesos no-fluviales.
Embalse	Un cuerpo de agua artificial junto con el dique o represa que lo forma.
Embalse convencional	Un embalse creado por colocar una represa cruzando un río, sumergiendo así el cauce del río con el lago artificial.
Embalse Fuera de Cauce	Un embalse ubicado fuera del cauce del río principal que lo alimenta.
Humedal	Terreno normalmente saturado o sumergido con una frecuencia y duración suficiente para mantener una preponderancia de vegetación típicamente adaptada para vivir en suelos saturados.
Planta de Filtración	Facilidad para remover partículas suspendidas por filtración, y desinfectar el agua para hacerla potable.
Represa	Dique construido para contener agua y crear un embalse.
Toma	Estructura para desviar agua desde el río hacia un tubo o canal.
Vertedor	Estructura para verter agua de forma controlada (“weir”).

RESUMEN EJECUTIVO

Este documento constituye la Declaración de Impacto Ambiental Preliminar (DIA-P) para el Proyecto Embalse Beatriz (referido de aquí en adelante como el Proyecto). El Embalse Beatriz es propuesto por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico (AAA) como parte de su Programa de Mejoras Capitales (PMC) para mejorar los abastos de agua potable y alcantarillados en Puerto Rico. El Proyecto es necesario para satisfacer las deficiencias en el abasto actual y futuro de agua potable en la zona urbana y barrios cercanos del municipio de Caguas, particularmente: Caguas Pueblo, y Barrios Turabo, Bairoa, Tomás de Castro, Borinquen, Beatriz, Cañabón y Cañaboncito (Área de Servicio del Proyecto). En esta área, las fuentes de agua e infraestructura que opera la AAA son inadecuadas para las demandas de agua presentes y las futuras a medida que la población de la zona aumenta. Al presente la zona se abastece de agua potable de la Planta de Filtración Caguas Sur y de transferencias de agua potable provenientes de la Zona Metropolitana de San Juan. Estas transferencias pudieran reducirse en el futuro, particularmente durante sequías en la Región Norte. El Proyecto proveerá abastos de agua potable adicionales, beneficiando a aproximadamente 140,000 residentes en dicha zona (para el año 2020).

El Proyecto constará de los siguientes elementos principales:

- **Embalse Beatriz.** Construcción de un embalse en la Quebrada Beatriz en el Barrio Beatriz de Caguas. El Embalse será formado por un represa en tierra con una altura de 36 metros, ocupando un predio de 145 cuerdas, con una capacidad de almacenaje total de 8.0 Mm³. El Embalse tendrá una media vida útil de 300 años ya que el diseño de la represa fuera del cauce de un río principal resultará en una tasa de sedimentación baja.

- **Tomas de agua cruda.** El Embalse se alimentará de la Quebrada Beatriz y de una toma en el Río Turabo. Se evaluaron dos alternativas para conducir el agua por gravedad desde la toma del Río Turabo: un túnel o una tubería. La alternativa del túnel tiene un largo aproximado de 2 millas (aproximadamente 3 kilómetros) y un diámetro aproximado de entre 8 - 10 pies (2.4 - 3 metros). La otra alternativa consistiría de una tubería de diámetro de 54 pulgadas y longitud de 3.5 millas (5.7 kilómetros), desde la toma hasta el Embalse. La ruta propuesta de esta línea será paralela a la carretera PR-765 y por el banco de la Quebrada Beatriz, transcurriendo un 50 por ciento por campo travesía y un 50 por ciento por la servidumbre de esta carretera. Se utilizará además la toma existente en la Quebrada de Las Quebradillas, la cual supe actualmente la Planta de Filtración Caguas Sur. Para ello se instalarán varios tramos de tubería desde la toma existente hasta la nueva PF, aprovechando varios tramos existentes de tuberías. Las tomas se diseñarán para permitir un flujo residual de acuerdo a las normas del DRNA.
- **Planta de Filtración de Agua Potable.** Una nueva planta de filtración (PF) con una capacidad de 14 mgd será construida en un predio de aproximadamente 11 cuerdas aguas abajo de la represa, en el Barrio Beatriz. La nueva PF será diseñada para cumplir con las normas de calidad de agua potable aplicables.
- **Tuberías de distribución y tanques de almacenaje de agua potable.** El sistema de almacenaje de agua potable consistirá de dos tanques con capacidad de 3.5 millones de galones (MG) cada uno, a ubicarse en el predio de la PF. La red de transmisión de agua potable incluirá 2.2 millas (3.5 km) de tubería con un diámetro de 36 pulgadas, la cual discurrirá por la carretera PR-1 o su servidumbre hasta un punto de interconexión al sistema existente en el puente de la PR-52 sobre la PR-1.

El Proyecto estará ubicado en la zona central-este de Puerto Rico, área de características ambientales diversas debido a la topografía, geología y el clima. Las características principales del medioambiente de la zona incluyen:

- La precipitación en la zona presenta variaciones que van desde 58 pulgadas anuales cerca de Cayey hasta 64 pulgadas anuales en la zona de Gurabo. La temperatura presenta unos rangos entre 66 y 87 Fahrenheit (°F) cerca de Gurabo y entre 64 y 82 °F cerca de Cayey.
- El Proyecto ubica al pie de la zona montañosa al sur de Caguas. Las elevaciones del terreno en Caguas fluctúan entre los 75 y 750 metros sobre el nivel del mar (snm) y sus pendientes son generalmente hacia el norte. El área del Embalse propuesto es un valle semi-llano con un nivel de fondo de 120 a 130 m, y las riberas del Embalse se definen por colinas en ambos lados del valle.
- Los datos de calidad del aire en la zona del Proyecto se limitan a material particulado fino (PM_{2.5}), cuyas concentraciones máximas y promedio exhiben valores menores que el estándar federal para dicho parámetro. La ausencia de industrias pesadas y la naturaleza semi-boscosa de la región contribuyen a que el aire de la región cumpla con las normas de la JCA.
- La geología de la zona del Proyecto está dominada por rocas de origen volcánico, incluyendo rocas volcanoclásticas y lavas y en menor cantidad rocas metamórficas y calizas. En el predio que ocupará el Embalse Beatriz predominan depósitos aluviales y rocas volcánicas parcialmente meteorizadas sobre rocas de origen volcánico induradas.
- Los suelos principales en el área del Proyecto incluyen las series Consumo (CuF), Estación (Es), Humatas (HtE), Múcara (MxF), Naranjito (NaE2 y NaF2), Río Arriba (RoC2) y Toa (To). De acuerdo al Estudio de Viabilidad Agrícola, el análisis de los suelos utilizando el Índice Storie refleja que aproximadamente el 55% de los suelos presentes en el área a ser utilizada para el Embalse y sus componentes asociados (planta de filtración, área de amortiguamiento de la represa y área de disposición de sedimentos) están clasificados como suelos excelentes o adecuados para la agricultura.
- El Río Turabo, que suplirá la mayor parte del agua que recibirá el Embalse Beatriz, mantiene un flujo adecuado para la capacidad y rendimiento seguro de entre 13 y

14 mgd del Proyecto y el mantenimiento del flujo residual aguas abajo de la represa, flujo equivalente al mínimo seguro (Q₉₉).

- Como parte del Estudio de Riesgo Ambiental se consultaron los datos de calidad de agua cruda y filtrada de los Laboratorios de la AAA y el Departamento de Salud, para la planta de filtración Caguas Sur (la cual se nutre en parte por la Quebrada Beatriz). Ninguno de los parámetros evaluados descalifica la Quebrada Beatriz, el Río Turabo, o la Quebrada de Las Quebradillas como fuente de abastos de agua potable. Al contrario, estos cuerpos de agua han suplido a Caguas por muchos años, sin experimentar problemas de calidad.
- El área donde ubicará el Embalse Beatriz, la nueva planta de filtración, y los otros componentes del Proyecto, se encuentran fuera de zonas susceptibles a inundaciones, a excepción de un tramo de la alternativa de tubería de aducción. El desarrollo del Embalse resultará en la inundación de aproximadamente 145 cuerdas de terreno aguas arriba de la represa, y reducirá parcialmente los niveles de la inundación de 100 años aguas abajo del Embalse.
- La vegetación o flora dominante en el área donde se propone desarrollar el Embalse es de pastos no manejados, es decir áreas herbáceas extensas con parches de árboles. Ninguna de las especies inventariadas se encuentra incluida como especie en peligro de extinción o amenazada de acuerdo a las listas federales o estatales revisadas. Se identificaron 316 especies de plantas, que en su mayoría son especies de zonas rurales, urbanizadas y de bosques secundarios.
- El Proyecto impactará aproximadamente 13 cuerdas de humedales jurisdiccionales, asociados a los cruces de las líneas de distribución y el tramo de la Quebrada Beatriz a ser inundada por el Embalse.
- Los predios que ocuparán los componentes del Proyecto estarán ubicados en nueve tipos de distritos de zonificación, incluyendo distritos agrícolas, comerciales, residenciales, rural general, industrial liviano y público. Los predios incluyen suelos identificados en el borrador del Plan de Usos de Terrenos de Puerto Rico (PUT) en seis clasificaciones, incluyendo Suelo Urbano, Suelo Urbano Atípico, Suelo Urbanizable

Programado, Suelo Rústico y Suelo Rústico Común, Suelo Rústico Especialmente Protegido. El Plan de Ordenamiento Territorial para el Municipio de Caguas califica los terrenos del Embalse como Suelo Rústico Común al igual que los de la nueva PF.

- La infraestructura existente en la zona del Proyecto incluye la Planta de Filtración Caguas Sur, tres tanques de almacenamiento de agua, una estación de bombeo en la toma de la Quebrada Beatriz y la planta regional de tratamiento de aguas usadas de Caguas. Las tuberías de agua cruda y potable del Proyecto se instalarán en las servidumbres de las carreteras estatales PR-765 y la PR-1, respectivamente. A lo largo de la PR-765 existe una línea de 38KV que podría suplir energía para las facilidades propuestas.

A pesar de que los barrios donde ubica la acción propuesta (Turabo, Beatriz, Borinquen y San Salvador), aparentan ser desaventajados desde el punto de vista socioeconómico en comparación al resto de los barrios del Municipio, la localización de los diferentes componentes del Proyecto se determina a base de criterios objetivos de ingeniería. El Proyecto, además no conlleva riesgos por generación de contaminantes y, por tratarse de un proyecto de mejoras a la infraestructura de agua, representa una vía de crecimiento que deberá contribuir a mejorar la condición socioeconómica del Área de Servicio, sin que el impacto de la construcción afecte de forma desproporcionada a grupos de bajo ingreso. Además, el Embalse añadirá un considerable valor estético al área desde el punto de vista paisajista.

Los impactos ambientales potenciales del Proyecto y las medidas de prevención, minimización y mitigación a implantarse por la AAA incluyen:

- La construcción del Proyecto ocasionará un impacto permanente en la geomorfología del área donde se removerán los materiales de la corteza terrestre para la construcción de la represa, el llenado del Embalse, la construcción de la planta de filtración, y la instalación de los tanques y estación de bombeo. La instalación de las tuberías de distribución de agua potable ocasionará un impacto temporero, ya que estarán soterradas a lo largo de las servidumbres de carreteras existentes. Se obtendrá un permiso de Extracción de Materiales de la Corteza Terrestre del DRNA previo al inicio

de la construcción y se cumplirá con las mejores prácticas de control de erosión que se incluirán en el Plan de Control de Erosión y Sedimentación a prepararse para el Proyecto.

- En el lugar donde se construirá la represa no existen fallas geológicas activas que pudieran resultar en riesgos durante sismos. Los terrenos en la vecindad de la represa no están sujetos a licuación durante un sismo. El diseño de la represa cumplirá con las normas sísmicas vigentes y los requisitos del Comité de Presas y Embalses de la AEE. La represa se diseñará de acuerdo con los parámetros establecidos en el Código de Edificación Uniforme (UBC) vigente. El análisis de estabilidad de la represa propuesta presenta resultados favorables ya que para el caso de cargas por terremotos se calculó un factor de seguridad de 1.2 y el requerido es de 1.1. Estos resultados son preliminares y será necesario llevar a cabo un estudio sísmico detallado durante la etapa de diseño de la represa.
- Durante la fase de construcción se removerán aproximadamente 9,000 m³ de material sobrante a causa de la excavación para la alternativa de la tubería de aducción. De igual forma, el material que será excavado como parte de la alternativa del túnel, se estima sea alrededor de 21,000 m³. Este impacto será mitigado utilizando todo el material extraído para cubrir trincheras y como relleno en la nivelación de los terrenos. El material proveniente del túnel puede ser usado como material de sub-base en construcción de carreteras.
- Se utilizarán terrenos para el Embalse con potencial agrícola, lo que limitará este importante uso de terrenos en la Isla. Estos impactos a largo plazo son inevitables para lograr los beneficios significativos que el Proyecto generará.
- El movimiento de terrenos para la construcción del Proyecto, incluyendo el tramo de la tubería de distribución, podría resultar en un aumento temporero en los niveles de turbiedad en el Río Turabo y la Quebrada y Beatriz, así como en tributarios cercanos a las áreas de construcción. Sin embargo, los impactos serán a corto plazo y se implantarán prácticas adecuadas de control de erosión y sedimentación para mitigar estos efectos temporeros, incluyendo el Plan de Control de Erosión y Sedimentación

requerido por la JCA y el Plan Federal de Prevención de Contaminación por Escorrentía (*SWPP*) requerido por la EPA.

- No se esperan impactos a pozos públicos o privados dentro o fuera del radio reglamentario de 460 metros a partir de los límites del Proyecto, según establecido por la JCA.
- La construcción del Embalse Beatriz reducirá los niveles de la inundación aguas abajo de la represa, mientras que los aumentará aguas arriba debido al llenado del Embalse. El Embalse proveerá control parcial de inundaciones aguas abajo al atenuar la magnitud de ciertos picos de la escorrentía durante crecientes. La nueva PF, los tanques, estaciones de bombeo y tuberías no afectaran los niveles de inundación en los cuerpos de agua cercanos.
- El impacto principal sobre la flora y fauna resultará de la remoción de la cubierta de árboles y arbustos en los predios que ocuparán el Embalse y la planta de filtración. La inundación permanente del predio del Embalse evitará la reforestación de los terrenos. Como parte de los esfuerzos que se han estado llevando a cabo, tanto para el proyecto Embalse Beatriz como para el proyecto Embalse Valenciano, se propone un Plan Integral de Mitigación. Como parte de éste se ha generado un Plan de Cumplimiento con el Reglamento 25. Esta estrategia de mitigación se enfoca en la adquisición de terrenos aledaños a los embalses al igual que la adquisición de terrenos identificados por el DRNA para la conservación y siembra de árboles, entre otros.
- Los impactos a cuerpos de agua y humedales jurisdiccionales en el Río Turabo y las quebradas Las Quebradillas y Beatriz, se mitigarán mediante acuerdos con el USACE como parte del Permiso Conjunto Federal a solicitarse.
- El Proyecto requerirá un cambio en la zonificación y uso de los terrenos que ocuparán el Embalse y la PF. Sin embargo, el uso propuesto para beneficio público amerita la rezonificación de los predios. El Municipio de Caguas se encuentra realizando la Revisión Integral del Plan de Ordenamiento Territorial. El borrador del documento, considera la construcción del Embalse Beatriz.

- En la etapa de construcción, el Proyecto afectará el tránsito de las carreteras de acceso al predio propuesto para la nueva PF y de aquellas por cuya servidumbre discurrirán las líneas de transmisión de agua potable. Estos impactos serán temporeros y se mitigarán en coordinación con la ACT e implantando un Plan de Manejo de Tránsito.
- Las emisiones de aire durante la construcción serán de naturaleza temporera e intermitente, y sus impactos no serán significativos. El impacto principal será debido al polvo fugitivo. Otras emisiones serán de naturaleza temporera y no se espera que tengan impactos significativos. Estos impactos se mitigarán implantando planes de control de polvo fugitivo según requerido por la JCA, así como mediante mantenimiento preventivo de los equipos de construcción para minimizar sus emisiones de gases.
- Habrá un aumento en los niveles de ruido en el área circundante al Proyecto como resultado de la construcción; sin embargo, la operación del Proyecto no causará incrementos significativos en los niveles de ruido.
- En los predios a utilizarse para el Embalse y la tubería de aducción se identificaron sitios de interés arqueológico e histórico. Se recomienda la realización de un estudio arqueológico Fase II para documentar los sitios de interés y así identificar estrategias que minimicen el impacto negativo del Proyecto a la integridad física de los mismos. Además, en la etapa de diseño se estudiará la posibilidad de relocalizar la ruta de la línea de transmisión para evitar el impacto al sitio precolombino encontrado, si fuera la tubería de aducción la alternativa preferida.
- El impacto económico directo e indirecto en la fase de construcción del Proyecto será de gran magnitud y positivo, con inversiones directas e indirectas en la economía local de entre \$129 y \$159 millones de dólares. El proyecto en su totalidad generará entre 2,840 a 3,500 empleos directos, indirectos e inducidos dependiendo de la alternativa seleccionada para la línea de transmisión de agua cruda.

La AAA evaluó una serie de alternativas razonables previo a seleccionar la alternativa preferida del desarrollo del Embalse Beatriz y una nueva planta de filtración. Estas

alternativas incluyeron no desarrollar el Proyecto (No-Acción); reducción en el agua no contabilizada; ampliación de las fuentes de agua existentes incluyendo los ríos, acuíferos y transferencias de la Zona Metropolitana; y el desarrollo de otros embalses en otros lugares incluyendo fuera del cauce de los ríos. Ninguna de esas alternativas individualmente o combinadas pueden resolver razonablemente las deficiencias en los abastos de agua potable que sufre al presente la zona urbana de Caguas, lo que se agravará en el futuro con el aumento en la población. Los impactos ambientales que el desarrollo del Proyecto ocasionará son necesarios e inevitables para el bienestar de los residentes de la zona y el desarrollo socioeconómico de los municipios que se beneficiarán.

La AAA también evaluó alternativas de ubicación a los componentes del Proyecto. Se evaluaron varias alternativas para la ubicación del Embalse y para la ubicación de la planta de filtración y los diferentes componentes del sistema de distribución. En la selección de estos predios se utilizaron criterios hidráulicos, usos de terrenos, costos potenciales de operación y mantenimiento, y aspectos ambientales, entre otros. Este análisis demostró que la alternativa preferida es la de menor impacto ambiental, de mayor efectividad para suplir los abastos de agua requeridos, y de menor costo económico.

El desarrollo del Proyecto requerirá el compromiso irrevocable de ciertos recursos naturales y económicos. Estos compromisos irreversibles incluyen la extracción de agua del Río Turabo y las quebradas de Las Quebradillas y Beatriz; el uso irreversible de aproximadamente 263 cuerdas de terrenos para el Embalse, la planta de filtración, tanques y estación de bombeo; el uso de los materiales de construcción necesarios para erigir la represa, planta de filtración y sistema de distribución; y el uso de los recursos económicos necesarios para la construcción del Proyecto. Los beneficios del Proyecto al proveer abastos de agua potable seguros y confiables a aproximadamente 140,000 residentes de la zona urbana de Caguas y barrios cercanos al 2020, mejorando su calidad de vida y el desarrollo socioeconómico del área, ameritan el compromiso irrevocable de estos recursos.

1. INTRODUCCION

1.1 DESCRIPCIÓN Y PROPÓSITO DE LA ACCIÓN PROPUESTA

La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico (AAA) propone el desarrollo de mejoras al sistema de abasto de agua potable (Proyecto) que sirve la zona urbana del Municipio Autónomo de Caguas y sectores de los barrios cercanos a su casco urbano. El Proyecto es parte del Programa de Mejoras Capitales (PMC) que lleva a cabo la AAA en Puerto Rico, cuyo objetivo es, entre otros, proveer abastos de agua potable seguros y confiables al máximo de la población de la Isla.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL PROYECTO

El Proyecto incluye varios componentes, siendo el principal un nuevo embalse para almacenar agua que permita aumentar la producción de agua potable a la zona urbana de Caguas y los barrios cercanos a dicha zona, particularmente: Caguas Pueblo, y Barrios Turabo, Bairoa, Tomás de Castro, Borinquen, Beatriz, Cañabón y Cañaboncito. Además, incluirá la construcción de una nueva planta de filtración (PF), la cual sustituirá la planta de filtración Caguas Sur (**Figura 1** y **Figura 2**). Los componentes en mayor detalle, incluyen:

1. Tomas en el Río Turabo y la Quebrada de Las Quebradillas, entre los Barrios San Salvador y Beatriz. La primera será diseñada para extraer agua de dicho cauce para su conducción al nuevo embalse. La Segunda es una toma existente que sirve actualmente a la PF Caguas Sur y la cual se propone conduzca agua hasta la nueva planta de filtración propuesta.
2. Alternativa de una tubería ó túnel para conducir agua cruda desde el Río Turabo hasta el nuevo embalse. . Ambas alternativas funcionarían por gravedad.

a. La alternativa del túnel tiene un largo aproximado de 2 millas (3 kilómetros) y un diámetro aproximado de entre 8 - 10 pies (2.4 - 3 metros). (Refiérase a la **Figura 35** en la que se muestra la alineación propuesta). La ventaja principal de esta alternativa es que no conlleva impactos a estructuras o recursos terrestres, acuáticos, culturales o al flujo vehicular.

b. La otra alternativa consistiría de una tubería de diámetro de 54 pulgadas y longitud de 3.54 millas (5.7 kilómetros), desde la toma hasta el Embalse. La ruta propuesta de esta línea será paralela a la carretera PR-765 y por el banco de la Quebrada Beatriz, transcurriendo un 50 por ciento por campo traviesa y un 50 por ciento por la servidumbre de esta carretera. La tubería en todo momento será soterrada a lo largo del alineamiento y se anticipan catorce (14) cruces de cuerpos de agua. Esta ruta se ilustra en la **Figura 1**.

3. El nuevo embalse denominado Beatriz, ubicará en un predio del Barrio que lleva el mismo nombre. El Embalse se constituirá erigiendo una represa de tierra en la Quebrada Beatriz. Sin embargo, la toma principal que alimentará el Embalse provendrá del Río Turabo. A este tipo de configuración se le conoce como fuera del cauce de río principal. El Embalse Beatriz tendrá una capacidad de almacenamiento útil de 7.4 millones de metros cúbicos (Mm³) (equivalente a 6,000 acres-pies), y en conjunto con la toma de la Quebrada de Las Quebradillas, producirá entre 13 y 14 mgd, dependiendo de la alternativa que se seleccione en el diseño final: túnel o tubería de aducción. Este rendimiento se proyecta aún durante sequías severas (el 99 % del tiempo).

4. Instalación de varios tramos de tubería desde la toma existente en la Quebrada de Las Quebradillas hasta la nueva planta de filtración. Actualmente esta toma supe la PF Caguas Sur. En la instalación se aprovecharán tramos existentes de tuberías, que van desde la toma en la Quebrada de Las Quebradillas hasta la PF Caguas Sur y desde aquí hasta la Carretera PR-1. En este punto se conectará con la tubería que transporta agua desde la Quebrada Beatriz hasta la PF Caguas Sur por la Carretera PR-785. A partir de la intersección de la Carretera PR-785 y PR-1 se construirá un tramo nuevo de tubería que discurrirá por campo traviesa hasta llegar a la nueva PF. Para la instalación de dichas tuberías será necesaria la construcción de un túnel de 7 a 8 pies de diámetro y

una longitud aproximada de 100 metros, el cual albergaría las tuberías en el área en que cruce la carretera PR #765. Este túnel se hace a fin de obtener la profundidad necesaria para mantener el gradiente hidráulico y minimizar el impacto de la construcción en la carretera.

5. Construcción de una nueva PF, a ubicarse en el Barrio Beatriz, con capacidad de producir hasta 14 mgd de agua potable. Una línea de 30 pulgadas de diámetro irá desde el Embalse hasta la PF transcurriendo campo traviesa un tramo de 0.35 km. La producción del Proyecto de 14 mgd representa un aumento neto de 10 mgd en la producción actual de la PF existente, que es de 4 mgd durante sequía. El Proyecto ha de satisfacer la demanda de agua potable de aproximadamente 140,000 habitantes en Caguas al año 2020, según se define en el Área de Servicio.

El acceso a la nueva PF se propone desde la carretera PR-765, cerca de su intersección con la PR-1. El mismo requiere la construcción de un puente que cruce la Quebrada Beatriz. Al presente se evalúan dos alternativas para la ruta de acceso, para lo cual se realiza un estudio hidrológico hidráulico a fin de determinar una elevación adecuada, así como las dimensiones del mismo.

6. Mejoras al sistema de distribución y almacenamiento de agua potable en la zona de Caguas para interconectar la nueva PF al sistema de distribución existente. Estas mejoras incluirán dos (2) tanques de almacenamiento con capacidad de 3.5 millones de galones (MG) cada uno y 2.2 millas (3.5 km) de tuberías de 36 pulgadas de diámetro para conducir el agua potable por gravedad desde los tanques hasta el punto de conexión al sistema de distribución existente. La tubería de agua potable que saldrá de la PF compartirá la misma servidumbre que la tubería de agua cruda que proviene de la Quebrada de Las Quebradillas.

1.3 FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

La AAA actualmente está evaluando alternativas para financiar el Proyecto. Estas son: el financiamiento tradicional por parte de la AAA y/o algún tipo de acuerdo con la

empresa privada (“Public Private Partnership”) para financiar estas obras. El costo de construcción y adquisición de terrenos se presenta en la **Tabla 1**.

Se anticipa una reducción del costo del vertedor hidráulico en aproximadamente \$2 millones una vez se optimice el diseño por modelación física.

Tabla 1: Estimado del Costo de Construcción.

Componente	Costo (\$ millones)
Represa en tierra	18.0
Estructuras en concreto asociados con la represa	14.7
Toma de agua	1.1
Tubería de agua cruda de 54 pulgadas día. acero y hormigón (5.7 Km.)	18.5
Alternativa del Túnel (3 Km.) <u>a/</u>	35 - 47
Tubería de agua cruda de 30 pulgadas día. en acero y hormigón (1.6 Km.).	1.5
Construcción de nueva PF 14 mgd	55
Líneas de agua filtrada 36 pulgadas día. (3.1 km)	3.6
Cumplimiento ambiental (humedales, reforestación, plan CES)	1.2
Costo de las obras de construcción <u>c/</u>	113 - 141.5
Seguros y garantías (8% del costo de construcción) <u>b/</u>	9.0 - 11.3
Adquisición de terrenos (291 cuerdas en el Embalse y 6.5 cuerdas en corredor de la tubería) (\$20,000 la cuerda en embalse y \$40/m ² en los tubos)	7.0
Costo Total para la Construcción del Proyecto <u>c/</u>	129 - 159

a/ Valores según estimados en Estudio de Viabilidad del Túnel (Apéndice S). Incluyen contingencia en el rango de 3.2 a 16 millones de dólares.

b/ 5% de arbitrios municipales y 3% en seguros.

c/ Costos aproximados de alternativa de tubería y túnel, en el peor de los casos, respectivamente.

1.4 METODOLOGÍA Y COMPONENTES DEL DOCUMENTO AMBIENTAL

Este documento ambiental evalúa, discute e incorpora los resultados de los diferentes análisis e investigaciones de campo llevados a cabo en la fase del diseño esquemático del

Proyecto, el diseño a “nivel de viabilidad” del Embalse y los estudios llevados a cabo para determinar los impactos ambientales que pudieran estar asociados con el Proyecto. Este documento presenta estos hallazgos en forma objetiva y en términos fáciles de entender, pero con suficiente información técnica para sostener las conclusiones y aseveraciones sobre los impactos ambientales que aquí se detallan. El documento se divide en los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: Describe el Proyecto propuesto y su propósito.
- Capítulo 2: Describe el medioambiente en que se desarrollará el proyecto.
- Capítulo 3: Establece la necesidad del Proyecto.
- Capítulo 4: Se analizan las alternativas disponibles.
- Capítulo 5: Describe los permisos y requisitos reglamentarios relacionados al proyecto.
- Capítulo 6: Evalúa y describe los posibles impactos ambientales y las medidas de mitigación a ser adoptadas.
- Capítulo 7: Análisis de Impactos Acumulativos
- Capítulo 8: Se describen los compromisos irrevocables e irreparables de los recursos que conlleva el proyecto propuesto.
- Capítulo 9: Discute la relación entre los impactos a corto plazo y los beneficios a largo plazo.
- Capítulo 10: Presenta las agencias y entidades que han sido consultadas en la preparación de la DIA-P.
- Capítulo 11: Incluye una lista de las agencias y agencias a las que se les circulará el Documento Ambiental
- Capítulo 12: El personal técnico que participó en la preparación de este documento
- Capítulo 13: Certificaciones
- Capítulo 14: Incluye la lista de referencias.

Los estudios técnicos realizados se incluyen como apéndices a la DIA-P, e incluyen los siguientes:

- Estudio de Tránsito para el Proyecto del Embalse Beatriz
- Estudio de Rendimiento Seguro
- Estudio Hidrológico-Hidráulico, Toma Río Turabo
- Estudio Hidrológico-Hidráulico, Quebrada Beatriz
- Estudio de Rendimiento de Sedimento
- Estudio Morfológico
- Estudio de Riesgo Ambiental Fase I
- Encuesta Sanitaria
- Estudio de Fauna y Flora Terrestre
- Solicitud de Permiso de Poda, Corte y/o Remoción de Árboles
- Estudio de Fauna y Flora Acuática
- Determinación Jurisdiccional de Humedales
- Estudio de Recursos Culturales, Fase I-A
- Estudio de Recursos Culturales, Fases I-B
- Modelo Hidráulico del Sistema de Caguas
- Cartas de las Agencias
- Estudio Hidrológico e Hidráulico para Embalse Quebrada Beatriz, Análisis de Rotura
- Estudio de Impactos Acumulativos sobre el Rendimiento Seguro del Embalse Carraízo
- Análisis de Viabilidad del Túnel de la Toma Río Turabo
- Revisión del Comportamiento Sísmico, Represa Quebrada Beatriz
- Estudio de Viabilidad Agrícola

2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIOAMBIENTE

Este capítulo presenta un resumen de las características ambientales del área del Proyecto.

2.1 CLIMA

El clima en el área de Caguas y en el área central-este de Puerto Rico es tropical húmedo, con vientos predominantes del este-noreste. La temperatura promedio anual máxima en el área central de Puerto Rico es de 87 °F ó 30 °C (NOAA, 2005). La temperatura promedio anual mínima según lo reporta NOAA es de unos 67°F o 19°C. Existe poca variación en la temperatura entre verano e invierno y la variación diurna es más pronunciada que la variación estacional. Los vientos alisios predominan en el área.

El Proyecto propuesto estará ubicado en el municipio de Caguas. Las características de las estaciones climatológicas más cercanas al Proyecto se presentan en la **Tabla 2**. Las estaciones utilizadas fueron Gurabo y Cayey 1E con registros de 50 y 47 años, respectivamente. Estos datos fueron obtenidos a través de la firma EarthInfo, Inc. y su producto "NCDC Summary of the Day East 2006". Este utiliza como fuente los datos del TD-3200 del "National Climatic Data Center", una subdivisión del Departamento de Comercio Federal.

La precipitación máxima para eventos con frecuencia de 25, 50 y 100 años son 10.1, 11.6 y 13 pulgadas para la región de Caguas, (U.S. Department of Commerce, 1961).

Tabla 2: Condiciones Climatológicas en el Área del Proyecto.

Estación Climatológica	<u>Lluvia Anual</u>		<u>Temperatura</u>	
	mm	pulgadas	°C	°F
Subestación Gurabo (ID-4276) (elev. 160 ft, Lat/Lon 18.15N : 66.00W)	1632	64.27	max. 30.6 min. 18.7	max. 87.1 min. 65.7
Cayey (ID-1901) (elev. 1,370 ft, Lat/Lon 18.07N : 66.09W)	1481	58.32	max. 27.9 min. 17.9	max. 82.3 min. 64.2

Fuente: "NCDC Summary of the Day East 2006", US Dept. of Commerce.

2.2 TOPOGRAFÍA Y CUERPOS DE AGUA

El Proyecto ubica al pie de la zona montañosa al sur de Caguas. Las elevaciones del terreno en Caguas fluctúan entre los 75 y 750 metros sobre el nivel del mar (snm) y sus pendientes son generalmente hacia el norte. Las características topográficas de las áreas donde se llevará a cabo la construcción del Proyecto se muestran en el mapa de localización, **Figura 1**.

Los cuerpos de agua en el área del Proyecto, dentro de un radio de 400 m, son el Río Turabo, la Quebrada Beatriz y su tributaria Quebrada Sonadora y la Quebrada de Las Quebradillas. El Proyecto incluye la ubicación de la toma de agua cruda en el Río Turabo y algunos cruces de río o quebradas por las tuberías de transmisión, tanto aéreas como por debajo del lecho, dependiendo de las condiciones encontradas en los diferentes cruces. Esto se determinará en la etapa de diseño del Proyecto.

El Embalse se construirá dentro del cauce de la Quebrada Beatriz. En el Proyecto no se contempla ninguna actividad de construcción relacionada a la toma existente en la Quebrada de Las Quebradillas, la cual se mantendrá en uso vez entre en operación el Proyecto.

El área del Embalse es un valle semi-llano con un nivel de fondo de 120 a 130 m, y las riberas del mismo se definen por colinas en ambos lados del valle. La nueva planta de filtros se ubicará al este de la represa y el vertedor hidráulico se ubicará al lado opuesto de la planta. El nivel máximo de la represa se define por dos factores: (1) la elevación de

la toma en el Río Turabo, (2) la topografía que circunscriben el Embalse, y (3) la configuración del vertedor hidráulico. La elevación del tope de la represa será 156 m.

La toma en el Río Turabo estará localizada a una elevación aproximada de 160 m, ubicada inmediatamente aguas abajo de la confluencia del Río Turabo con una quebrada sin nombre, uno de sus afluentes principales. La tubería de agua cruda desde la toma hacia el Embalse será construida a lo largo del valle del Río Turabo, paralela a la PR-765. La alternativa del túnel de agua cruda se construiría a través de roca, en línea recta por la distancia más corta desde la toma hacia el Embalse.

La topografía a lo largo de la servidumbre del túnel propuesto es variada, con elevaciones mínimas de 151 m snm (en el punto de descarga) y máximas de hasta aproximadamente 390 m snm. El túnel tendrá en su inicio una elevación de la invertida de 156 m y en su punto de descarga de aproximadamente 148 m. La alineación del túnel cruza varios cuerpos de agua superficiales que no se verán afectados debido a la profundidad a la que éste discurrirá.

La tubería desde el Embalse hacia la PF y desde allí hasta Caguas seguirá las alineaciones de los pisos de los valles y correrán paralelas a los caminos y carreteras existentes.

2.3 GEOLOGÍA

La **Figura 6** es una reproducción parcial del cuadrángulo geológico de Caguas, junto con la configuración de los componentes principales del Proyecto. A continuación, se presenta una descripción de las formaciones en la zona.

- Qt - Depósito de terraza y fanglomerado del periodo Holoceno y/o Pleistoceno. Material consolidado y no consolidado incluyendo arcillas hasta piedras. Dominante en la terrazas del valle de Caguas.

- Qal- Aluvión del periodo Holoceno y/o Pleistoceno. Material no consolidado de arcilla hasta piedra depositado en canales y quebradas. Común en

valles inundables.

- Kdd- Diorita pórfido del alto Cretáceo. Forma diques generalmente de norte noreste entre rocas plutónicas y volcánicas. Más comunes en el valle del Turabo.
- Kto- Tonalite del periodo cretáceo. Formación pequeña entre las formaciones plutónicas de Caguas y el batolito de San Lorenzo. Formado por plagioclasa y cuarzo.
- Krs- Arenisca de la formación Roble del periodo Cretáceo. Se encuentra asociado a la formación del batolito de San Lorenzo. Formado principalmente por toba, brecha volcánica y arenisca.
- Kj- Formación Kj del periodo bajo Cretáceo. Mayormente compuesto por brecha volcánica con capas de toba, lava y arenisca.

De acuerdo al mapa geológico varios de los componentes del Proyecto se ubican sobre fallas geológicas. La firma GeoConsult preparó un memorando técnico preliminar (**Apéndice T**) el cual señala que existe una falla inactiva que cruza un borde de la zona del Embalse. Dicha falla no atraviesa la estructura en tierra propuesta. Será necesario realizar un estudio geotécnico detallado en la etapa de diseño el cual analice esta condición. Adicionalmente, se llevará a cabo un estudio geológico para evaluar en detalle la alternativa del túnel como alternativa de aducción entre la toma del Río Turabo y el Embalse.

2.3.1 Sismicidad

La firma de consultoría HDR preparó un documento en el 2006, titulado “Evaluation of the Beatriz Dam Site” como parte del esfuerzo de planificación y estudios de viabilidad de lugares para represas en Puerto Rico. Este documento incluye un análisis de estabilidad de la represa propuesta considerando las cargas por terremotos. Según el estudio, las “Standard Specifications for Highway Bridges (AASHTO, 2002)” para

Puerto Rico propone una aceleración horizontal en roca de 0.2 G (1.96 m/s²). El estudio presenta una probabilidad de 90% de que este valor no sea excedido en 50 años, lo que corresponde a un periodo de retorno de aproximadamente 475 años. Este fue el valor que se utilizó en el análisis preliminar de estabilidad. El mismo se considera uno conservador ya que corresponde a un valor de aceleración del terreno máximo de 0.3 G (2.94 m/s²). Este análisis de estabilidad de la represa presenta resultados favorables ya que para el caso de cargas por terremotos se calculó un factor de seguridad de 1.2 y el requerido es de 1.1. Estos resultados son preliminares y será necesario llevar a cabo un estudio sísmico detallado durante la etapa de diseño de la represa.

Adicionalmente, la firma GeoConsult preparó un memorando técnico preliminar (Apéndice T) el cual indica que el subsuelo del sitio es apropiado para la construcción del Embalse Beatriz. Este documento señala que existe una falla inactiva que cruza un borde de la zona del Embalse. Dicha falla no atraviesa la estructura en tierra propuesta. Además, el valle donde se colocará la represa es de poco ancho y el subsuelo donde se propone el Embalse es de gran dureza. Por tanto, el estudio concluye que no se anticipa amplificación de las ondas sísmicas por suelos blandos o por efectos geométricos. Además, se señala que la susceptibilidad de licuación es negativa al no existir material granular suelto en el área de la represa.

2.4 SUELOS

2.4.1 Actividades Agrícolas

La revisión de fotografías aéreas históricas, indica que esta área fue utilizada para la producción de caña de azúcar hacia 1937, pero ya para el año 1957 su uso había cambiado a pastoreo y pequeños cultivos. No se sabe con exactitud lo que era sembrado en estas tierras agrícolas. Hoy en día existe una actividad agrícola limitada de pastoreo de ganado en el área donde se propone ubicar el Embalse. No se observaron prácticas de ganadería intensiva, sólo de forma artesanal o pasatiempo.

2.4.2 Suelos

El área de análisis del Estudio de Viabilidad Agrícola (**Apéndice U**) se delimitó por el área a ser cubierta por la huella de inundación del Embalse, el área de amortiguamiento de la cortina de la represa y del Embalse, el área de disposición de sedimentos (referidos como componentes asociados al Embalse) más la nueva PF. El área total de análisis ocupa unas 263 cuerdas. Las áreas identificadas para la instalación de los otros componentes (tomas y tuberías de agua cruda, líneas de distribución y tanques de almacenaje) no fueron evaluadas. Esto responde a que generalmente, las líneas de distribución discurren a lo largo de las vías de acceso o carreteras existentes, por lo que no causarán un impacto directo a terrenos con algún potencial agrícola. Por otra parte, los tanques propuestos ubican en los terrenos de la PF.

El área propuesta para la construcción del Embalse Beatriz está clasificada bajo diferentes distritos de zonificación. Existen tres clasificaciones a lo largo de todo el Proyecto, entre éstos se pueden mencionar distritos RA-2, RA-3 y RCR-2, los cuales presentan una densidad poblacional baja. El área a ser cubierta por la huella de inundación del Embalse, sus componentes relacionados y el predio para la construcción de la PF están clasificadas como suelos rústico agropecuario (RA-2) y rústico con conservación de recursos (RCR-2).

Durante las visitas de campo se pudo observar que la mayor parte del área propuesta y áreas circundantes han sido objeto de algún uso agrícola. Algunas de las colindancias están cercadas, lo que indica que el área ha sido utilizada para actividades de pastoreo de ganado (caballos, vacas y/o cabras). Se observó ganado de carne pastando en el área. No se observaron prácticas de ganadería intensiva, sólo de forma artesanal o pasatiempo, según indicado anteriormente.

Las series de suelo presentes en el área de estudio son las series Consumo (CuF), Estación (Es), Humatas (HtE), Múcara (MxF), Naranjito (NaE2 y NaF2), Río Arriba (RoC2) y Toa (To). Estas fueron clasificadas por el Servicio de Conservación de Suelos (ahora NRCS por sus siglas en inglés) el cual describe los suelos presentes en el área de estudio, como suelos generalmente lómicos, arcillosos y limo arcilloso lómicos, con pendientes predominantes entre 5 a 60 por ciento y con gran potencial de erosión

(excepto los suelos Toa y Estación). A continuación se resumen los suelos presentes en el Área de Estudio:

- De acuerdo a las Unidades de Capacidad asignadas por el Servicio de Conservación de Suelos, los suelos Toa (To) están clasificados bajo la unidad de capacidad I. Estos son suelos que tienen pocas limitaciones que restringen su uso. El porcentaje de ocupación dentro del área delimitada de estudio es de aproximadamente un 22%.
- Las series Estación (Es) y Río Arriba presentan unidades de capacidad IIIs, y IIIe, respectivamente. De acuerdo a las unidades de capacidad en las que fueron clasificados, éstos presentan severas limitaciones que reducen los cultivos a ser sembrados y requieren prácticas de conservación especiales para el desarrollo de actividades agrícolas. Estos suelos ocupan aproximadamente un 33% del área definida en el Estudio.
- La unidad de capacidad para el suelo Humatas (IVe), clasifica el suelo con muchas limitaciones severas que restringen los cultivos a ser sembrados y requieren manejo especial para evitar el peligro de erosión existente en el predio. El porcentaje que ocupan estos suelos dentro del área de estudio no es significativa comparada con las otras series existentes (0.9%).
- La serie Naranjito (NaE2, VIe), fue clasificada como suelos con severas limitaciones que los hacen no deseables para cultivo y limitan su utilización para pastos, bosques o vida silvestre, además están sujetos a erosión severa, lo que los hace no aptos para el desarrollo de cultivos. El 3.5% de los terrenos a ser cubiertos por el área de estudio están ocupados por esta serie.
- Por último las series Consumo, Múcara y Naranjito (NaF2) fueron clasificadas bajo la unidad de capacidad VIIe. Estos suelos tienen limitaciones muy severas, que no se prestan para cultivo, y su uso está restringido mayormente a pastos, bosques o hábitat de vida silvestre. Estos suelos ocupan aproximadamente un 40% del área de estudio.

En el Área de Estudio se encuentran suelos que han sido clasificados por el Departamento de Agricultura Federal (USDA-NRCS) como tierras primordiales para la agricultura. Entre éstas se encuentran las series de suelo arcilloso Río Arriba (RoC2), la serie limo arcilloso lómico Toa (To) y la serie arcilloso Humatas (HtE). Estas series de suelo se encuentran en las áreas propuestas para la construcción del Embalse y los componentes asociados, además de la PF, ocupando un área aproximada de 140 cuerdas del total de 263 cuerdas, para un 53.4% del área propuesta para inundación y construcción de la PF.

A continuación se describen los suelos de acuerdo a la clasificación de suelos agrícolas, desarrollada por el NRCS, conocida como Índice de Storie.

- Del área total a ser utilizada en el Proyecto un 23.8 por ciento (62.6 cuerdas) está clasificada bajo el Grado 1 del Índice de Storie. De acuerdo a esta clasificación, los suelos bajo las series Toa y Estación, son considerados como suelos excelentes para la agricultura y adecuados especialmente para las plantas de raíces profundas.
- Los suelos Río Arriba presentaron un valor de 50.5%, lo que los coloca en el Grado 3 del Índice. Este grado los clasifica como suelos adecuados para la agricultura que generalmente son de buena calidad, con una variación menos amplia de bondad que los grados 1 y 2. Los suelos Río Arriba ocupan alrededor de un 31% del área total a ser utilizada para la creación del Embalse y sus componentes.
- El análisis de los suelos utilizando el Índice Storie refleja que aproximadamente el 55% de los suelos presentes en el área a ser utilizada para la creación del Embalse y sus componentes están clasificados como suelos excelentes o adecuados para la agricultura.
- Los suelos Humatas, Múcara y Naranjito (NaE2, NaF2) fueron clasificados bajo el Grado 4 del Índice de Storie. Estos suelos presentan poca amplitud de posibilidades agrícolas, ya que están en el rango entre 20 y 39 por ciento en el

Índice de Storie. Alrededor de un 42% del área total propuesta para el Embalse y sus componentes cae bajo esta clasificación.

- La serie Consumo, la cual ocupa aproximadamente 3.7% del área cubierta por la huella de inundación, fue clasificada como suelos muy pobres para el desarrollo de actividades agrícolas. Estos suelos no son considerados de buena calidad, debido a su pronunciada pendiente y alto potencial erosivo.

2.5 Usos de Terrenos

El Proyecto ocupará un área predominantemente rural, según se muestra en la **Figura 2**. De la interpretación de fotografías aéreas del año 2002 provistas por la ACT se obtuvo el uso de los terrenos a ser impactados por el Proyecto (**Tabla 3**). En el análisis, los impactos a lo largo de la ruta de las líneas de transmisión tanto de agua cruda como de agua filtrada se determinaron en base a un ancho de impacto de 6 metros (20 pies). La ruta de tubería de transmisión de agua cruda discurrirá en un 50 por ciento (50%) por la servidumbre de la PR-765. De igual manera, la tubería de transmisión de agua filtrada discurrirá en un 50 por ciento por la servidumbre de la carretera PR-1. La alternativa del túnel no se presenta en la tabla ya que no tendrá impacto significativo en el uso de terrenos, por la profundidad a la cual discurrirá. Sólo se vislumbran ciertas restricciones en la servidumbre del túnel, como por ejemplo actividades que conlleven perforaciones en el terreno. La construcción de la nueva PF se llevará a cabo aguas abajo de la represa, en terrenos con características generales similares a los terrenos donde ubicarán el Embalse, el vertedor hidráulico y los tanques de almacenamiento de agua.

Tabla 3: Uso de Terrenos en las Áreas de Impacto del Proyecto (cuerdas).

Uso de Terreno	Embalse	Tubería <u>c/</u>	PF <u>d/</u>	Amort. <u>e/</u>	Disposición Sedimentos	Totales	% de Área
Agrícola (pastoreo) <u>a/</u>	55.3	4.5	8.9	51.3	24.1	144.1	55.9
Bosque secundario	76.1	7.8	2.1	0	0	86	33.4
Minería (cantera) <u>b/</u>	13.6	0	0	0	0	13.6	5.3
Caminos	0	10.6	0	0.6	0.8	12	4.7
Residencial	<u>0</u>	<u>1.9</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1.9</u>	<u>0.7</u>
Totales	145	24.8	11	51.9	24.9	257.6	100.0

Fuente: Interpretación foto aérea año 2002

a/ Uso agrícola potencial.

b/ Cantera abandonada.

c/ Calculado a base de fotos aéreas de la Junta de Planificación, (2002) y la mensura obtenida hasta el momento de la preparación de este documento.

d/ Incluye planta de filtración, estación de bombeo, tanques de almacenamiento.

e/ Área de amortiguamiento de la cortina de la represa.

2.6 PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y PLAN DE USOS DE TERRENOS DE PUERTO RICO

2.6.1 Plan de Ordenamiento Territorial

El Plan de Ordenamiento Territorial, (POT), actualmente vigente para el municipio de Caguas es el *Plan Territorial Caguas 1998*. Bajo este plan todos los terrenos del Proyecto propuesto se encuentran bajo la clasificación de *Suelo Rústico*. Dentro de la clasificación de suelo rústico se encuentran dos sub-categorías: *Suelo Rústico Común (SRC)* y *Suelo Rústico Especialmente Protegido (SREP)*. El documento indica que en ambas categorías los terrenos deben quedarse libres de desarrollo urbano, mantener la estética del paisaje, evitar el impacto al patrimonio natural, y establecer medidas para el uso del suelo sin urbanizarlo. A continuación se identifican las calificaciones para los diferentes componentes del Proyecto:

Tabla 4: Zonificación Actual por Componente del Proyecto

Elementos del Proyecto	Zonificación
Embalse	Distrito Rústico Conservación de Recursos RCR-2 Distrito Rústico Agropecuario RA-2
Toma de agua cruda	Distrito Rústico Conservación de Recursos RCR-2
Planta de filtración de agua potable	Distrito Rústico Agropecuario RA-2
Tubería de transmisión de agua cruda	Distrito Rústico de Conservación de Recursos RCR-2 Rústico Agrícola Mecanizable RA-1 Rústico Agropecuario RA-2 Rústico General RA-3 Rural Desarrollado RD Uso Público UP
Túnel de transmisión de agua cruda	Distrito Rústico Agropecuario RA-2 Distrito Rústico Conservación de Recursos RCR-2 Uso Público UP
Tanques de almacenamiento de agua potable	Rústico Agropecuario RA-2
Estación de bombeo (Área del Embalse)	Rústico Agropecuario RA-2
Línea de Distribución de Agua Tratada	Rústico Agropecuario RA-2 Rústico Rural General RA-3 Uso Público UP Uso Residencial UR-5 Uso Industrial Liviano UI-1 Uso Comercial Local UC-1

- El Distrito RA-1 es agrícola compuesto por terrenos con ninguna o escasa población, cuya continuidad en uso agrícola se declara de importancia para el País, se establece para identificar áreas de gran productividad o de gran potencial agrícola por los siguiente: 1) tener suelos de las clases I al IV según el

Servicio de Conservación de Suelos Federal, 2) tener declives menores de doce por ciento (12 %), y 3) estar constituidas por fincas de gran tamaño.

- La calificación RA-2 (Rústico Agropecuario)- distrito agrícola que se establece para identificar áreas utilizadas o con potencial reconocido para ser utilizadas en actividades agropecuarias en las que generalmente predominan suelos clases V, VI y VII que se definen como sigue:
- Clase V. No son susceptibles a erosión pero tienen otras limitaciones, imprácticas de remover, que limitan su uso.
- Clase VI. Presentan limitaciones severas que lo hacen prácticamente inadecuado para el cultivo.
- Clase VII. Presentan limitaciones muy severas que lo hacen inadecuado para el cultivo.
- La calificación RA-3 (Rústico Rural General)- Este distrito consiste mayormente de terrenos clase VII y en algunos de los casos de las clases V y VI que tienen algunas limitaciones para el cultivo agrícola. En este distrito generalmente existen o pueden existir una diversidad de usos cuya limitación principal será la disponibilidad de infraestructura y las condiciones topográficas y geológicas.
- La calificación RCR-2 se establece para identificar áreas con limitaciones severas a su uso intensivo, que requieren un tratamiento especial ya que cuentan con recursos de valor singular o escénico, que deben mantenerse y protegerse.
- El Distrito RD se establece para identificar las áreas fuera de los ámbitos de del suelo urbano que han sido pobladas o desarrolladas con el propósito de diferenciarlas de los demás distritos de ordenación.
- El Distrito UP se establece para clasificar terrenos a ocuparse o usarse para diversos usos de servicio público, como medio de asegurar que los mismos sean localizados en armonía.

- El Distrito UC-1 se establece para clasificar áreas comerciales o para crear nuevas áreas que suplan las necesidades diarias de las personas que residen en el vecindario.
- El Distrito UI-1 se establece para clasificar áreas para el establecimiento de industrias livianas. Se persigue que los terrenos para industrias livianas se dediquen a tales fines, excluyendo en estos distritos el uso residencial y ciertos usos comerciales.
- El Distrito UR-5 es de alta densidad poblacional y se establece para clasificar áreas urbanas de carácter residencial próximas a centros principales de actividad comercial, propensas al redesarrollo en alta densidad poblacional; o áreas susceptibles al redesarrollo o desarrollo en alta densidad poblacional por la naturaleza del sector, accesos viales, existencia de facilidades públicas tales como escuelas elementales, intermedias, superiores, parques y por la capacidad de los servicios de alcantarillado, agua, energía eléctrica y facilidades de transportación.

El POT se encuentra actualmente bajo Revisión Integral. El documento “Enunciación de Objetivos y Plan de Trabajo” incluye entre los objetivos de infraestructura el mejorar la provisión de agua potable del municipio. El borrador del documento, que se presentó a la Junta de Planificación, considera la construcción del embalse propuesto (Sección 9.4.3 del referido documento).

2.6.2 Plan de Uso de Terrenos de Puerto Rico

El 3 de octubre de 2004, se aprobó la Ley Núm.550 conocida como Ley del Plan de Uso de Terrenos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, con el propósito de ordenar la preparación de un Plan de Uso de Terrenos para toda la Isla. Esta Ley establece como política pública la elaboración de un plan de uso de terrenos que sea el instrumento principal en la planificación de manera que propicie el desarrollo sustentable de nuestro País y el aprovechamiento apropiado de los terrenos.

Aunque el PUTPR no ha sido emitido de forma final, su futuro impacto en la clasificación de los suelos del Proyecto amerita su discusión en este, por lo que se provee

la mejor información disponible al presente. El PUTPR utiliza el concepto de calificación, según lo establece la Ley de Municipios Autónomos (Ley Número 81 del 30 de agosto de 1991). En el PUTPR se establecen cinco (5) clasificaciones de suelo para el área del Proyecto, las cuales se describen a continuación:

- El **Suelo Urbano** está constituido por los terrenos que cuenten con acceso vial, abastecimiento de agua, suministro de energía eléctrica y con otra infraestructura necesaria al desenvolvimiento de las actividades administrativas, económicas y sociales que en estos suelos se realizan y que estén comprendidos en áreas consolidadas por la edificación. Este suelo se subclasifica en suelo urbano atípico, para reconocer y ordenar áreas que exhiben características del proceso urbanizador, que no están comprendidos en el suelo urbano típico.
 - Parte de los terrenos donde se propone ubicar la tubería de distribución de agua potable reciben esta clasificación.
- El **Suelo Urbano Atípico** está constituido por terrenos para usos que por su propia naturaleza no son compatibles con usos típicos urbanos, como es el residencial, necesitan estar ubicados en lugares estratégicos y necesitan de un proceso urbanizador. Asimismo, se incluyen en esta subclasificación las áreas desarrolladas aisladas que generalmente están rodeadas de suelo que requiere ser clasificado rústico y demuestran ser producto de un proceso urbanizador.
- El **Suelo Urbanizable Programado** es aquel suelo que pueda ser urbanizado en un periodo previsible de cuatro (4) años luego de la vigencia del PUTPR. Este suelo urbanizable programado requiere de un Programa de Ensanche.
- El **Suelo Rústico** está constituido por los terrenos que deben ser expresamente protegidos del proceso urbanizador por razón, entre otros, de su valor agrícola y pecuario actual o potencial, de su valor natural, de su valor recreativo actual o potencial, de los riesgos a la seguridad o salud pública, o por no ser necesarios para atender las expectativas de crecimiento urbano dentro de un periodo de diez (10) años a partir de la vigencia del PUTPR. Esta clasificación del suelo

incluirá las categorías de suelo rústico común y suelo rústico especialmente protegido.

- El **Suelo Rústico Común** es el suelo no contemplado para uso urbano o urbanizable debido, entre otras razones, a que el suelo urbano y urbanizable es suficiente para acomodar el desarrollo urbano esperado.
 - Esta clasificación incluye casi todos los componentes del Proyecto: la toma propuesta en el Río Turabo, casi toda la tubería de transmisión de agua cruda, el Embalse, la PF, los tanque de almacenamiento y parte de la línea de distribución de agua potable.
- El **Suelo Rústico Especialmente Protegido** es el suelo no contemplado para uso urbano o urbanizable y que por su especial ubicación, topografía, valor estético, arqueológico, ecológico, agrícola, y recursos naturales únicos, entre otros atributos, se identifica como un terreno que nunca deberá utilizarse como suelo urbano.
 - Parte de los terrenos donde se propone ubicar la tubería de transmisión de agua cruda a lo largo de la PR-765 reciben esta clasificación.

Las clasificaciones de los suelos propuestos según el PUTPR se resumen en la **Tabla 5**. Las clasificaciones propuestas en el PUTPR no son incompatibles con el desarrollo del Proyecto propuesto. La AAA solicitará formalmente a la JP se revise el borrador del PUTPR para atemperar las clasificaciones propuestas al EB.

Tabla 5: Clasificaciones Propuestas para Suelos en el EB según PUTPR

Elemento del Proyecto	Clasificación de Suelo según PUTPR
Embalse	Suelo Rústico Común
Toma de agua cruda	Suelo Rústico Común
Línea de Transmisión de agua cruda	Suelo Rústico Común Suelo Rústico Especialmente Protegido
Planta de filtración de agua potable	Suelo Rústico Común
Tuberías de distribución	Suelo Rústico Común Suelo Urbano
Tanques de almacenamiento de agua potable	Suelo Rústico Común
Estación de bombas	Suelo Rústico Común

2.7 INFRAESTRUCTURA

Esta sección describe la infraestructura existente en el área del Proyecto.

2.7.1 Vías de Transportación

En la **Figura 9** se presentan las rutas de las carreteras y caminos en la zona en relación al Proyecto y cuáles se verán afectados temporalmente por la construcción de las tuberías. El Proyecto no tendrá impacto permanente en ninguna de las carreteras o caminos municipales. Los impactos temporeros durante la construcción se describen a continuación:

- Línea de aducción desde la toma en el Río Turabo hasta el Embalse- Conlleva cruces en las carreteras estatales PR-765, PR-786 y PR-761.
- Línea de transmisión de agua filtrada- Se instalará en la servidumbre de las carreteras estatales PR-786 y PR-1.

- Toma de agua en el Río Turabo, Embalse, y tanques de almacenamiento no afectarán las carreteras de la zona.

Como parte de los análisis realizados para la preparación de esta DIA se evaluaron las condiciones de tránsito existentes en la zona y los impactos temporeros al tránsito durante la construcción del Proyecto. Esta evaluación presenta medidas para reducir los impactos temporeros a las condiciones de tránsito. Copia de este estudio se presenta como **Apéndice A** de este documento.

En el estudio de tránsito se presentan medidas para reducir los impactos temporeros al tránsito entre las que se encuentran: construcción de desvíos temporeros, desvío del tránsito por rutas alternas, medidas para el mantenimiento de tránsito, avisos en periódicos de circulación general para orientar a los conductores y horarios de trabajo durante periodos de menor flujo vehicular.

De seleccionarse la alternativa del túnel para la transmisión de agua cruda hasta el Embalse, no se verá afectado el tránsito en ninguna de las vías de transporte del área. La alternativa del túnel solo tendrá impactos en la superficie del terreno en las áreas de la toma y en el Embalse.

2.7.2 Energía Eléctrica

No hay facilidades eléctricas a afectarse por la construcción del Embalse. Existen líneas de transmisión de energía eléctrica locales en las áreas donde se propone las rutas de las tuberías de transmisión. Estas son utilizadas para suplir de energía a las residencias y comercios cerca de la ruta de las tuberías. No existen líneas de alto voltaje a ser afectadas por el Proyecto, ni tampoco ningún tramo de tubería pasará por debajo de este tipo de línea. Existe una línea de 38KV a lo largo de la PR-765 que podría suplir energía para la estación de bombas de agua cruda y la PF. Sin embargo, la determinación final para el punto de conexión eléctrico la tendrá la AEE cuando, durante el proceso de diseño, se le someta una consulta para el punto de conexión. Esto dependerá de la capacidad de las líneas existentes.

2.7.3 Acueducto y Alcantarillado

Actualmente el Área de Servicio se supe de la PF Caguas Sur la cual tiene dos tomas, una toma por gravedad en la Quebrada de las Quebradillas y una toma por bombeo en la Quebrada Beatriz, próxima a su confluencia con el Río Turabo. En esta planta se procesan alrededor de 6 mgd de agua cruda, en épocas fuera de sequía. El Proyecto propone sustituir la PF de Caguas Sur con la nueva PF. Esta se diseñaría y construiría para manejar el rendimiento seguro de 13 a 14 mgd del proyecto propuesto. La toma existente de la Quebrada de Las Quebradillas se mantendrá en uso, mientras que la toma por bombeo en la Quebrada Beatriz será eliminada una vez entre en operación el embalse propuesto. La PF existente continuará operando durante la construcción del Proyecto.

La construcción del Embalse incluye un desvío temporero de la Quebrada Beatriz para permitir que se mantenga su flujo hacia la toma existente durante todas las etapas de construcción. Esto también permite que pasen las aguas de crecidas minimizando así el riesgo a la estructura en construcción.

Adyacentes al predio de la planta de filtración Caguas Sur existen tres (3) tanques sin techo para el almacenamiento de agua filtrada. Como parte del Proyecto estos tanques serán re-emplazados con dos tanques nuevos techados (3.5 MG cada uno). Ambos ubicarán en el predio de la nueva PF.

Por la carretera PR-765 discurren tres líneas de agua potable que salen de los tanques de almacenamiento de la planta de filtración Caguas Sur. Los mismos suplen agua al área de servicio de la PF Caguas Sur.

A lo largo de la Carretera PR-765, a la altura del Sector Villa Borinquen discurren tuberías de alcantarillado sanitario. En la selección de la alternativa preferida para transferir el agua cruda desde la toma del Río Turabo (tubería de aducción versus túnel), se tomará en consideración la ubicación de las tuberías de aguas usadas que discurren por la PR-765. De seleccionarse la tubería, se observarían los parámetros de distanciamiento (horizontal y vertical) entre tuberías potables y sanitarias, de acuerdo a los estándares de la AAA.

Existen dos plantas de tratamiento de aguas usadas en el Área de Servicio del Proyecto: Parcelas Borinquen y Regional de Caguas. Estas plantas ubican a una distancia considerable del Proyecto.

2.7.4 Áreas Urbanas

La construcción del Embalse y sus componentes inmediatos (vertedor hidráulico, nueva PF y tanques de almacenamiento de agua filtrada) se llevará a cabo fuera de áreas urbanizadas. El túnel, como alternativa de aducción de agua cruda, no impactaría a ninguna estructura ya que discurriría a una profundidad entre 60 - 215 metros. Su alineación discurre principalmente por áreas campo traviesa. Los posibles impactos a estructuras por los demás componentes del Proyecto están desglosados en la **Tabla 6**. Esta tabla diferencia entre impactos a estructuras primarias, como residencias y negocios, y estructuras secundarias, las cuales incluyen ranchones, gazebos, estructuras abandonadas, etc.

Las áreas urbanizadas más cercanas a la alineación propuesta son la Comunidad Villa Borinquen y un nuevo proyecto residencial recién construido. No hay estructuras a lo largo de la línea de agua filtrada.

Tabla 6: Posibles Estructuras en Áreas Urbanas Impactadas por los Componentes del Proyecto.

Componentes del Proyecto	Estructuras
Estructuras primarias (residencias y comercios)	6
Toma de Agua Cruda	2
Embalse Beatriz	0
Área de Conservación y Disposición Material de Dragado	1
Tuberías	3
Túnel	0
Construcción Planta de Filtración Nueva	0
Estructuras secundarias (ranchos y estructuras abandonadas)	26

Nota. Estos datos son de análisis en una etapa de planificación los cuales podrían variar en una etapa de diseño.

Fuente: Visita de campo e interpretación de mapas

2.7.5 Cantera

En el área donde se propone ubicar el Embalse existe una cantera, actualmente fuera de uso. Esta cantera está localizada a una distancia de 315 m de la represa y no representa un obstáculo en la construcción del Proyecto. A largo plazo, la cantera será inundada y el volumen de su fosa será incorporado en el embalse propuesto. Algunas partes de la antigua cantera, 3 cuerdas de un total de 12.7 cuerdas, permanecerán fuera del área de inundación. En el Estudio de Riesgo Ambiental no se identificaron posibles fuentes de contaminación por la presencia de materiales peligrosos o aceite en los predios.

2.8 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

2.8.1 Límites de Cuenca y Estaciones de Aforo

La Quebrada Beatriz, donde se propone la construcción del Embalse, es un tributario del Río Turabo. Los límites de la cuenca hidrográfica de la Quebrada Beatriz y el Río Turabo, aguas arriba de la toma y el Embalse, se presentan en la **Figura 10**. Esta figura también ilustra la localización de las estaciones de aforo del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) en el área del Proyecto.

2.8.2 Caudales Medios y Mínimos del Río Turabo

Los datos de excedencia de flujos para la estación de aforo 50053025, operada desde enero de 1990, en el Río Turabo se presentan en la **Figura 11**. La estación de aforo en el Río Turabo está próxima al área donde se propone ubicar la toma propuesta. El flujo con probabilidad de excedencia de 99% (Q_{99}) para esta estación es de 0.12 m³/s (2.74 mgd ó 4.24 pcs). El Q_{99} es aquel flujo que fue igualado o excedido el 99% del tiempo de acuerdo a un análisis estadístico de los datos históricos. Este valor de flujo se utiliza comúnmente como un valor de referencia para describir el patrón de flujos mínimos de un río.

El Q_{99} para la Quebrada Beatriz ha sido estimado en 0.014 m³/s (0.320 mgd ó 0.5 pcs) por Gómez-Gómez *et al* (2001). Los flujos en el Río Turabo y la Quebrada Beatriz bajo las condiciones actuales están resumidos en la **Tabla 7**. En el **Apéndice B** se presenta el Estudio de Rendimiento Seguro realizado para el Proyecto.

Tabla 7: Flujo promedio y 99% excedencia para el Río Turabo y Quebrada. Beatriz.

Estación de Aforo	Área de Cuenca (km ²)	Caudal Promedio (m ³ /s)	Caudal Promedio (p ³ /s)	Q ₉₉ (m ³ /s)	Q ₉₉ (p ³ /s)
Río Turabo (50053025)	18.4	0.69	24.37	0.12	4.24
Quebrada Beatriz	11.0	0.03	0.88	0.014 _a /	0.49

Fuente: Estudio de Rendimiento (Apéndice B)
a/Valor obtenido de Gomez-Gomez *et al* (2001)

2.8.3 Inundaciones y Áreas Inundables

Las áreas inundables del Río Turabo han sido delimitadas en mapas publicados por la Junta de Planificación y por la Agencia del Manejo de Emergencias Federal (FEMA, por sus siglas en inglés). El área del Proyecto se ubica en las hojas número 72000C1205H, 72000C1210H, 72000C1215H y 72000C1220H de FEMA. Las áreas de riesgo a inundabilidad en la zona que circunda el Proyecto se muestran en la **Figura 12** y se desglosan como sigue:

- Zona X - Áreas con 0.2 por ciento de probabilidad de inundación anual (evento de inundación de recurrencia de 100 años); áreas con 1 por ciento de probabilidad de inundación anual con profundidad promedio menor a 0.3 metros o con áreas de captación menor que 2.6 km²; y áreas protegidas por diques de la inundación con probabilidad de 1 por ciento.
- Zona A - Áreas susceptibles a inundaciones por el evento de inundación con probabilidad anual de 1 por ciento (evento de inundación de recurrencia de 100 años). Para esta zona no se han efectuado análisis hidráulicos detallados.
- Zona AE - Áreas susceptibles a inundaciones por el evento el evento de inundación con probabilidad anual de 1 por ciento (evento de inundación de recurrencia de 100 años), según determinado por métodos detallados. El mapa original de FEMA muestra las elevaciones de inundación base.
- Zona X - Áreas determinadas como fuera de la zona de inundación, con probabilidad anual de .2 por ciento (evento de inundación de recurrencia de 100 años).

Todos los componentes del Proyecto, a excepción de un tramo de la alternativa de tubería de aducción y un tramo de la tubería de distribución, discurren en áreas clasificadas como Zona X (fuera de la zona de inundación).

Los límites de una inundación histórica, ocurrida el 10 de octubre de 1970, en el área de Caguas se presenta en el estudio de Haire (1972) publicado por el USGS. Una reproducción parcial del mapa de esta inundación se presenta en la **Figura 13**. Posteriormente a la preparación de los mapas de inundación de FEMA y al estudio de Haire, en el año 2000 se canalizó un tramo del Río Turabo, cerca de su confluencia con la Quebrada Beatriz.

Como parte de este documento ambiental se prepararon estudios hidrológicos-hidráulicos para analizar los niveles de inundación de las condiciones pre- y pos-desarrollo. Estos estudios forman parte de este documento como **Apéndice C** y **Apéndice D** y sus resultados se discuten en la **Sección 6.3.4**.

2.8.4 Rendimiento de Sedimento

Se muestran los datos de descarga y concentración de sólidos suspendidos promedio diario de la estación de aforo USGS 50053025 del 1995 y 2000 en la **Figura 14**. El aporte de esta cuenca es un promedio de 32,048 t/año, ó 1,723 t/km²/año. De la gráfica se desprende que la concentración de sedimentos se encuentra en su mayoría entre el rango de 15 a 100 mg/l. Esto corresponde a niveles de turbiedad de 10 a 200 NTU, aproximadamente, ya que no hay correlación exacta o estable entre turbiedad y sólidos suspendidos. Estas condiciones son típicas de ríos en Puerto Rico.

El **Apéndice E** presenta el análisis de Rendimiento de Sedimentos realizados como parte de esta fase de planificación del Proyecto.

2.9 GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL

2.9.1 Enfoque del Estudio

Se llevó a cabo un análisis morfológico de la Quebrada Beatriz y el Río Turabo en las áreas próximas al Proyecto, **Apéndice F**. El propósito del análisis es documentar las

condiciones existentes, así como los criterios de diseño de la toma en el Río Turabo para minimizar la entrada de los sedimentos gruesos durante la operación de la toma, a la vez que se mantiene el flujo de estos sedimentos aguas abajo.

Para la Quebrada Beatriz el objetivo del estudio fue identificar las características hidrológicas de la quebrada desde el área del embalse propuesto hasta su confluencia con el Río Turabo. De esta manera se pueden identificar estrategias que minimicen el impacto del embalse propuesto en la estabilidad de la quebrada.

2.9.2 Clasificación de los Ríos en el Área de Estudio

Según el sistema de clasificación morfológica de Rosgen (1996), en el área de estudio se encuentran tramos tipo B, C, y F. La **Figura 15** presenta la clasificación morfológica por tramos en el Río Turabo, y señala la localización de puntos de muestreo detallados. Las clasificaciones Rosgen se definen a continuación:

- | | |
|----------------|--|
| Tipo-Aa+ y A- | Los tramos tipo Aa+ y A se caracterizan por estar atrincherados, lateralmente confinados y tener una razón de ancho/profundidad baja. El lecho del río se caracteriza por tener una configuración de rápidos y charcas con chorreras (“chutes”) y cascadas. Los tramos Aa+ poseen una pendiente mayor de 10 %, mientras los A poseen una pendiente entre los 4 y 10 %. |
| Tramo B - | Los tramos tipo B se caracterizan por un atrincheramiento (razón de ancho/profundidad) y gradiente moderados. Su configuración se caracteriza por la presencia de rápidos con pocas charcas. Su pendiente fluctúa entre 2-4 %. |
| Tramo Tipo-C - | Los tramos tipo C se caracterizan por tener un gradiente suave, depósitos de sedimentos en su ribera, valles inundables bien definidos, configuración de rápidos y charcas en su lecho y sinuosidad de los meandros mayor de 1.2. |
| Tramo Tipo-D - | Los tramos D se caracterizan por poseer canales anchos, poco profundos donde el flujo discurre en forma de trenzas. Se |

caracterizan por la erosión de los bancos y depósitos de sedimento longitudinales y transversales causados por el proceso de agravación. Poseen una razón de ancho/profundidad alta y una sinuosidad baja (< 1.2).

Tramo Tipo-E - Los tramos E poseen una razón ancho/profundidad baja, configuración de rápidos y charcas, alta concentración de charcas y una sinuosidad alta (>1.5).

Tramo Tipo-F - Los tramos F se caracterizan por el atrincheramiento del río creado por los bancos, una razón de ancho/profundidad baja y una sinuosidad moderada (1.2 a 1.5).

Tramo Tipo-G - Los tramos G poseen una razón ancho/profundidad baja, configuración de rápidos y charcas, son canales atrincherados, poseen una tasa de erosión alta en sus bancos y son inestables.

El **Apéndice F** presenta una copia del estudio morfológico preparado para este proyecto.

2.9.3 Consideraciones para la Toma del Río Turabo

La zona donde se propone ubicar la toma del Río Turabo es Tipo-B1. Las zonas con esta clasificación se caracterizan por lechos de río estables y configuraciones de rápidos y charcas con chorreras y cascadas. La pendiente promedio del río en este tramo es de 0.026. La **Figura 16** presenta una fotografía del lugar donde ubicará la toma propuesta. En el **Apéndice F** se presentan los datos de muestreo morfológico en la zona de la toma.

La toma será ubicada en una charca que tiene una profundidad máxima aproximada de 2.8 m durante flujos bajos. La charca se encuentra localizada inmediatamente aguas abajo de la confluencia con una quebrada sin nombre. La construcción de la toma no tendrá un impacto sobre la estabilidad del cauce del río ya que lecho rocoso provee estabilidad morfológica.

2.9.4 Consideraciones para el Embalse

El Embalse será construido dentro del valle aluvial de la Quebrada Beatriz. En la **Figura 17** se presenta una foto aérea de la Quebrada Beatriz, en la zona donde se propone

ubicar la represa en tierra. El cauce de la quebrada, según la clasificación Rosgen es C3 y C4 (fondo de piedras o gravas), de acuerdo a la localización. Existen controles estructurales (piedra masiva) en dos lugares donde la quebrada discurre a lo largo de la pared del valle. El primero ubica justo aguas abajo del área propuesta para el dissipador del aliviadero (“stilling basin”). El otro lugar ubica inmediatamente aguas abajo del cruce del cauce con la PR-52. Sin embargo, el lecho de la quebrada podría moverse lateralmente hacia el centro del valle y salir del área de ambos controles estructurales.

2.10 AGUAS SUBTERRÁNEAS

2.10.1 Inventario de Pozos

Se identificaron varios pozos dentro del radio de 460 metros de la huella del Proyecto. Estos se encuentran a lo largo de la alineación de la tubería de aducción de agua cruda desde la toma en el Río Turabo hasta el Embalse. La **Tabla 8** resume las características de los pozos en el área del proyecto propuesto y la **Figura 18** muestra su ubicación.

Tabla 8: Inventario de pozos operados por el USGS en la cuenca del Río Turabo.

Nombre del Pozo	Latitud	Longitud	Flujo (gpm)	Uso
A. Zapata <u>a/</u>	18°10'58"	66°03'06"	5	Comercial
Caguas-Juncos 11	18°13'11"	66°02'25"	25	Residencial
O. Bunker 1	18°10'25"	66°02'27"	74	Residencial
Ubarri 1 <u>a/</u>	18°10'35"	66°02'11"	89	Residencial
Ubarri 2	18°10'29"	66°02'15"	102	Residencial
E. Delgado <u>a/</u>	18°10'46"	66°02'47"	9	Comercial
Manrique 1	18°13'11"	66°01'39"	114	Residencial
A. Pérez	18°13'05"	66°02'42"	6	Comercial
CJ 11	18°13'12"	66°02'25"	36	Residencial
Raúl Nevárez	18°13'36"	66°01'15"	6	Comercial

Fuente: Junta de Calidad Ambiental, División de Agua.

a/ Pozos dentro del radio reglamentario de 460m

2.10.2 Características Regionales y Locales

El Valle Caguas-Juncos, que ocupa un área de aproximadamente 90 km² (35 mi²) en la zona central-este de Puerto Rico, está subyacente en gran parte por un acuífero aluvial no confinado que consiste de arcilla, cieno, arena fina, y cantidades menores de arena gruesa y grava. El mismo se extiende desde la mitad norte de Caguas, cruzando los municipios de Gurabo y Juncos, y concluyendo en el municipio de Las Piedras. Este abarca una superficie total de 11,196 cuerdas (44 km², 17 mi²) y un espesor máximo de 60 m (200 ft). El agua subterránea en el acuífero aluvial fluye de las áreas de recarga hacia los ríos principales. La dirección del flujo a nivel regional generalmente sigue la pendiente topográfica de la planicie inundable; la cual va primordialmente de este a oeste en la sub-área de Gurabo Juncos y sudoeste a noreste en la sub-área de Caguas hacia el Lago Loíza (Carraízo) (Puig, 1993).

En el 1990 las extracciones de agua subterránea del acuífero aluvial totalizaban unos 3 mgd. Los usos principales son doméstico, industrial, y ganadero (Molina-Rivera, 1997). Algunos pozos en el acuífero aluvial cerca de Gurabo y Juncos producen hasta 310 gpm (0.45 mgd). El rendimiento promedio de los pozos en Gurabo y Juncos es de unos 85 gpm (0.12 mgd), y el promedio en Caguas es de unos 28 gpm (0.040 mgd). El nivel de agua del acuífero aluvial varía según la estación del año, ocurriendo los niveles más altos generalmente al final de diciembre y los niveles más bajos en abril (Puig, 1993).

La transmisividad del acuífero aluvial el centro de los valles varía entre 70 a 5,000 ft²/d. El rendimiento específico estimado del acuífero es de un 10 a un 15 %. El volumen de agua almacenado en el acuífero fue estimado en unos 150.5 Mm³ (122,000 ac-ft) (Puig, 1993).

Además del valle aluvial Caguas-Juncos existen otros acuíferos menores, pero son de menor tamaño y están dispersos por lo cual no proveen un potencial de abasto significativo, (Olcott, 1999).

En la huella del Proyecto se han realizado varios estudios del subsuelo de carácter preliminar. Entre éstos se encuentra el estudio realizado por la firma GeoConsult (octubre del 2004), como parte de la evaluación del predio propuesto para el Embalse

Beatriz. El estudio reportó elevaciones de agua subterránea de 135 y 125 metros snm en los lugares donde estarán ubicados los estribos izquierdo y derecho de la represa, respectivamente lo que representa una profanidad promedio de unos 5 a 10 metros por debajo de la superficie. El estudio también indica que no se encontraron condiciones artesianas durante los eventos de sondeo.

2.11 ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

Se llevó a cabo un Estudio de Riesgo Ambiental, Fase-1, para identificar actividades que pueden afectar el Proyecto, incluyendo posibles fuentes de contaminación y desperdicios peligrosos. Este estudio se llevó a cabo basado en el análisis de información y programas de monitoreo existentes, fotos aéreas, entrevistas y observaciones de campo. El estudio de riesgo ambiental se presenta en el **Apéndice G** y los hallazgos principales están resumidos a continuación.

La nueva PF del proyecto propuesto proveerá tratamiento por medio de los siguientes procesos: (1) aireación (2) remoción de sólidos en suspensión por coagulación, floculación, sedimentación, y filtración; y (3) desinfección. Este es un proceso estandarizado en la industria y en Puerto Rico. Es también importante que la calidad bacteriológica sea buena, ya que con mayores concentraciones de bacterias en el agua cruda, hay mayor probabilidad de que algunos de los organismos sobrevivan al proceso de tratamiento particularmente si el agua cuenta con altas concentraciones de sólidos suspendidos.

Los bancos de datos de riesgos ambientales mantenidos por agencias estatales y federales no revelaron ningún problema ambiental que amenace la calidad del agua tanto del Río Turabo como la Quebrada Beatriz. La información obtenida se presenta resumida en la **Tabla 9**.

Tabla 9: Resumen de los Bancos de Datos de Riesgos Ambientales Consultados.

Agencia	Manejo de Material Tóxico	Tanques Soterrados b/	Sitios de Superfondo	Emergencias Ambientales
JCA	0	3	0	0
EPA a/	2	0	0	0

a/ Banco de datos electrónicos de la EPA (EnviroMapper), <http://maps.epa.gov>

b/ Listado de tanques soterrados y sistemas de inyección de la Junta de Calidad Ambiental, S.J., P.R.

Se recopilaron los datos de calidad del agua de las estaciones de aforo del USGS. También se consultaron los datos de calidad de agua cruda y filtrada de los Laboratorios de la AAA y el Departamento de Salud, para la planta de filtración Caguas Sur, la cual se nutre por las mismas fuentes que abastecerán el proyecto propuesto. Ninguno de los parámetros evaluados descalifica la Quebrada Beatriz, el Río Turabo, o la Quebrada de Las Quebradillas como fuente de abastos de agua potable. Al contrario, estos cuerpos de agua han suplido a Caguas por muchos años, sin experimentar problemas de calidad.

Un estudio de los recursos de agua del Municipio de Caguas realizado por el USGS (Gómez-Gómez et. al., 2001), clasificó la calidad del agua de los ríos y quebradas a base de un programa de muestreo. El estudio clasificó los cuerpos de agua de acuerdo a su calidad. La clasificación que obtuvieron los tramos de los cuerpos de agua a utilizarse como fuentes de abasto en el proyecto propuesto se resumen en la Tabla 10.

Tabla 10: Calidad de Agua de los Cuerpos de Agua que Abastecerán el Proyecto (Gómez-Gómez et.al.2001).

Cuerpo de Agua	Localización	Clasificación por USGS
Río Turabo	Toma Nueva	“Aceptable”
Q. Beatriz	Embalse Nuevo	“Buena”
Q. De las Quebradillas	Toma Existente	“Aceptable”

El estudio incluyó trabajo de campo y revisión de fotografías aéreas. El área para la instalación de las líneas fue recorrida. En las áreas de la toma y Embalse se entrevistó a residentes. La zona del Embalse fue recorrida a pie, así como el Río Turabo en la zona

de la toma. Se revisaron fotos aéreas para toda el área del Proyecto. Las cuencas hidrográficas tributarias a la toma y el Embalse fueron examinadas para buscar actividades que puedan representar un riesgo significativo a la calidad del agua. Esta investigación no reveló la presencia de ninguna industria u otra posible fuente de contaminación dentro de la cuenca.

El sitio de la represa ha sido utilizado para la agricultura en el pasado. Sin embargo, no hubo indicación de actividad industrial previa aparte de la cantera que operó en el pasado. Tampoco se encontró evidencia de la utilización o presencia de químicos agrícolas que pueden afectar la calidad del agua.

La cantera abandonada que existe en el predio donde se propone ubicar el Embalse fue visitada y no se encontró evidencia de actividades o sustancias que perjudiquen la calidad del agua.

La distancia más corta entre la carretera PR-52 y el embalse propuesto es de aproximadamente 0.4 Km. Esto ubica dentro de la cuenca de la Quebrada Beatriz y podría representar una fuente de contaminación temporera de ocurrir un accidente que provoque un derrame de sustancias tóxicas.

En resumen, no se encontró evidencia de condiciones ambientales que pudieran representar un riesgo al Proyecto.

2.12 CALIDAD DEL AGUA

2.12.1 Reglamentación de la Calidad de Agua

La Junta de Calidad Ambiental (JCA) establece los estándares que se deben mantener en los cuerpos de agua de acuerdo al uso designado a cada uno. Las descargas a los cuerpos de agua se regulan para mantener los estándares de calidad, dependiendo del uso asignado, del cuerpo receptor. Mediante el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua (RECA) de Puerto Rico, la JCA denomina clase SD a *“las aguas superficiales destinadas a utilizarse como fuente de abasto para el suministro de agua potable, la propagación y preservación de especies deseables, incluyendo especies amenazadas o en peligro de extinción así como para recreación de contacto primario y secundario”*.

Los cuerpos de agua clasificados SD deben cumplir con los estándares generales de la Sección 3.1 y los estándares específicos en las Secciones 3.1.9(A), 3.1.9(B) y 3.1.9(C) del RECA. Estos establecen niveles máximos de contaminación (“Maximum Contaminant Levels” o MCL por sus siglas en inglés) los cuales no deben ser excedidos en los cuerpos de agua naturales. Los estándares de calidad de agua de la JCA son tan o más estrictos que los estándares nacionales de la EPA.

El Río Turabo, la Quebrada Beatriz y la Quebrada de Las Quebradillas actualmente están utilizadas para el suministro del agua municipal, y están clasificados “SD”.

2.12.2 Encuesta Sanitaria

El propósito principal del Embalse Beatriz es al abasto de agua potable, por tal razón se llevó a cabo una encuesta sanitaria siguiendo los parámetros del 40 CRF 121.2, Regla Interina de Tratamiento de Agua Superficial Mejorada (IESWTR por sus siglas inglés), para determinar si las fuentes de agua de agua cruda a ser utilizadas son apropiadas para suplir la planta de filtración y el sistema de distribución de la AAA.

El propósito de una encuesta sanitaria es asegurar que la calidad del agua de una toma propuesta es adecuada para suplir a una planta de filtración, y determinar que no existan actividades aguas arriba de la toma que puedan afectar la utilización futura de la fuente de abasto.

Por lo tanto, la encuesta sanitaria realizada para el Embalse Beatriz (Apéndice H) se centró en la cuencas aguas arriba de la toma propuesta en el Río Turabo y del Embalse Beatriz. La calidad de estas fuentes de agua fue evaluada utilizando datos recopilados por varias agencias federales y estatales. Los mismos se resumen como sigue:

- Calidad Sanitaria del Río Turabo y Quebrada Beatriz provistas por las estaciones de medición del USGS.
- Análisis de afluente y efluente a la planta de filtración de Caguas Sur realizados por los laboratorios de la AAA. El afluente y efluente analizado es un flujo combinado de dos cuerpos de agua: Quebrada Beatriz y Quebrada de Las Quebradillas.

- Resultados de los análisis de calidad de agua más recientes del sistema de Caguas Sur efectuados por el Departamento de Salud, requerido por el 40 CFR 141.24(f)(1), (2), y (3).

La encuesta sanitaria también debe tomar en consideración la presencia de focos de contaminación de fuentes precisas y dispersas en las cuencas tributarias al Embalse. A continuación un resumen de la metodología utilizada y sus resultados.

2.12.3 Estándares del Departamento de Salud

El Departamento de Salud regula la calidad del agua potable en la salida de las PF según el Reglamento Primario de Agua Potable (RPAP). Los contaminantes se clasifican como sigue:

- Estándares primarios que tiene el objetivo de proteger la salud pública limitando el nivel de contaminantes en el agua potable tales como microorganismos, turbidez, desinfectantes, químicos inorgánicos-orgánicos y radioactivos.
- Estándares secundarios limitan el nivel de contaminantes que puedan causar efectos cosméticos (manchas en la piel, o decoloración de dientes) o efectos estéticos (olor, color, o sabor) en agua potable.

La AAA monitorea la calidad del agua cruda que entra y la calidad del agua filtrada que sale de la PF de Caguas Sur. El Departamento de Salud recoge muestras en el sistema de distribución de agua potable diaria, mensual, y anualmente dependiendo del tipo de análisis. Los resultados de los análisis obtenidos por ambas agencias son presentados en el documento de Riesgo Ambiental, **Apéndice G**. Los análisis de calidad de agua para el agua filtrada de la planta Caguas Sur realizados por el laboratorio central de la AAA durante el año 2003 al 2005 no identifican ninguna violación del Reglamento Primario de Agua Potable (RPAP). Únicamente la muestra tomada el 2/10/04, para el informe de metales Fase I, Fase II, y no regulados, refleja un valor de 249 µg/L para Aluminio (249 µg/L) el cual se encuentra por encima del valor guía establecido (200 µg/L). Este resultado supone un exceso del 25 % sobre el valor guía.

Las pruebas de calidad realizadas por el Departamento de Salud para parámetros químicos, radiológicos, y bacteriológicos en el sistema de Caguas Sur para los años 2004 y 2005 no indicaron ninguna violación de los contaminantes listados en el Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. Al igual que en los análisis del Laboratorio de la AAA, las pruebas realizadas por el Departamento de Salud muestran el mismo exceso de Aluminio.

En resumen, ninguna muestra reveló la presencia de un patrón de contaminación que pudiera impedir el uso de esta agua como fuente de abasto de agua potable, después de la filtración y desinfección de la misma.

2.13 CALIDAD DEL AIRE

La Junta de Calidad Ambiental analiza muestras de Materia Particulada Inhalable (PM₁₀ y PM_{2.5}) como parte del sistema de monitoreo de calidad de aire en diferentes estaciones alrededor de la Isla. Los estándares nacionales de calidad de aire (NAAQS por sus siglas en inglés) para PM_{2.5} son 65 µg /m³ para 24 horas y 15 µg /m³ promedio anual aritmético.

La estación de aire más cercana al proyecto propuesto se ubica en Caguas (Estación EQB55), en la Calle Muñoz Rivera esq. Calle Georgetti a unos 9 Km. (5.63 mi) al norte del sitio propuesto para el Embalse. El promedio anual aritmético de PM_{2.5} de esta estación fue de 7.02 µg/m³ para el 2003. El máximo de concentración anual para el mismo año fue de 32 µg/m³. El promedio anual está por debajo de lo permitido por la Agencia de Protección Ambiental para este parámetro por lo que se considera un área de logro desde este punto de vista.

2.14 RUIDO

Todos los componentes del Proyecto se encuentran en zona rural y no existen fuentes de ruido con excepción de las carreteras existentes. Las actividades a llevarse a cabo durante la construcción y operación del Proyecto se consideran de carácter industrial

para los efectos del Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido de la JCA.

Las siguientes zonas de nivel de ruido y usos han sido definidas por la Junta de Calidad Ambiental:

- Zona I - Residencial. La zona residencial incluye tanto residencias permanentes como de verano, hoteles, cabañas, casas rurales o campestres, y toda otra clase de edificación donde pueden dormir personas. También incluye escuelas.
- Zona II - Comercial. Bajo la zona comercial se incluyen restaurantes y cafeterías, toda otra clase de negocio comercial, y sitios incluyendo playas, bosques estatales, campos de golf, lugares de diversión y recreación, plazas públicas, y estacionamientos.
- Zona III - Industrial. En la categoría de zona industrial se incluyen muelles y actividades agrícolas.
- Zona IV - Tranquilidad. Los usos clasificados en la zona de tranquilidad incluyen hospitales, clínicas y tribunales de justicia.

En la **Tabla 11** se presentan los niveles de ruido permisibles, de día y de noche, para cada una de las zonas. Para efectos del reglamento se entiende que el período desde 10:00 p.m. y 7.00 a.m. es “nocturno”.

Tabla 11: Niveles de Emisiones de Ruido Permitidos por Reglamento.

Fuente Emisora	Zona I (Res)		Zona II (Com)		Zona III (Ind)		Zona IV (Tranq)	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Zona I	60	50	65	55	70	60	50	45
Zona II	65	50	70	60	75	65	50	45
Zona III	65	50	70	65	75	75	50	45

Fuente: Junta de Calidad Ambiental. 1987. "Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruidos", Santurce, P.R.

La residencia más cercana al componente de la tubería de aducción es de aproximadamente tres metros y de la planta de filtración es de aproximadamente 350 m.

No hay zonas de tranquilidad alrededor del predio de la represa ni a lo largo de la alineación de las tuberías. Por lo tanto no es necesario un estudio de ruido formal en esta etapa del Proyecto ya que se espera que los impactos potenciales mayores sean temporeros durante la etapa de construcción. Como mencionado anteriormente, la planta de filtración y su respectiva estación de bombas se encuentran a aproximadamente 0.22 millas (350 metros) de la residencia más cercana por lo que no se prevé el diseño y construcción de medidas de mitigación de ruido permanentes.

2.15 SISTEMAS NATURALES

No se identificaron sistemas naturales dentro de un radio de 400 metros a partir del perímetro del Proyecto, a excepción de los cuerpos de agua Quebrada Beatriz, Río Turabo, sus tributarios y los humedales asociados a éstos

Los sistemas naturales más cercanos al área de estudio lo son (1) el Bosque Estatal Carite ubicado entre los municipios de Caguas y Patillas, (2) una finca propiedad del Fideicomiso de Conservación que responde al nombre de Jorge Sotomayor del Toro y colinda con el Bosque Estatal Carite y (3) la Reserva Natural del Sistema de Cuevas y Cavernas de Aguas Buenas. Todos estos sistemas se encuentran a distancias que sobrepasan los 3,000 metros del perímetro del Proyecto.

Dos áreas de Zonificación Especial fueron identificadas en municipios cercanos. La primera ubicada en el Barrio Sumidero del Municipio de Aguas Buenas responde al Plan Maestro de la Cuenca Alta del Río Caguaitas, mientras que la segunda se refiere al área de Planificación Especial para los municipios circundantes al Bosque Nacional del Caribe conocido como El Yunque. Esta última abarca los municipios de Juncos y Las Piedras colindantes al Municipio de Caguas donde se propone la construcción y operación del Embalse.

Existen otras áreas protegidas en el Municipio de Caguas como lo es la extensión de terreno que comprende el Parque Criollo y Jardín Botánico del Municipio de Caguas.

Este parque forma parte de un esfuerzo de planificación iniciado por el municipio de Caguas donde se pretende conectar las propuestas de conservación y recreación pasiva de los proyectos Honor al Río (Río Caguitas) y el Corredor Ecológico Caguas-Aguas Buenas.

En el área del parque que se encuentra en operación se localiza el yacimiento Arqueológico Caguitas II y las ruinas del antiguo Ingenio y Hacienda San José. Por su condición de valle aluvial y sus características hidrográficas, Caguas se caracteriza por ser una región sensitiva a la presencia de recursos arqueológicos e históricos. Los recursos arqueológicos identificados en el área del Proyecto se documentan en la Sección 2.20 de este escrito y las Evaluaciones Arqueológicas Correspondientes se incluyen en el **Apéndice M** y **Apéndice N** de la presente DIA-P. En el siglo XIX se operaban centros productores de azúcar entre los que destacan la Hacienda Santa Catalina y el Ingenio Puig. Esta actividad se prolonga un siglo más tarde por lo que se pueden apreciar en Caguas las ruinas de varias centrales azucareras. Estos lugares constituyen zonas que deben ser protegidas, aún así no se verán afectadas por la construcción del Proyecto. Las zonas antes mencionadas y asociadas a recursos culturales no constituyen Sistemas Naturales según se establece en la reglamentación vigente.

2.16 FLORA Y FAUNA TERRESTRE

2.16.1 Metodología

Se realizó un inventario de la flora y fauna en el área a ser impactada por la acción propuesta. La fase de campo se llevó a cabo en los meses de febrero de 2005, diciembre de 2005, marzo de 2006, abril de 2006 y marzo de 2007. Copia del inventario de Flora y Fauna se aneja como **Apéndice I** a este documento.

El inventario de flora y fauna en el área del Proyecto se realizó utilizando 16 transectos de 350 m de largo por 4 m de ancho. El muestreo de fauna se realizó a lo largo de los transectos estableciendo puntos de cuenta (“point counts”) cada 100 m. Tres equipos técnicos recorrieron el área de estudio acompañados con equipos de posicionamiento satelital (GPS por sus siglas en inglés) e instrumentos de medición lineal. El uso de estos

equipos fue complementado con mapas topográficos, fotos aéreas e información adicional de referencia. La fase de campo incluyó cinco días de visitas al predio, y un evento de muestreo crepuscular.

Se revisaron listas y publicaciones del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) y del Servicio de Pesca y Vida Silvestre del Departamento del Interior de EE.UU. (USFWS por sus siglas en inglés) para tener en cuenta las especies amenazadas o en peligro de extinción avistadas previamente en el área de construcción del Proyecto.

El área de estudio es extensa y posee diversos hábitats incluyendo zonas herbáceas, áreas anegadas, bosques jóvenes secundarios, bosques maduros y zonas perturbadas. Las secciones a continuación describen la flora y fauna identificada en el área de estudio.

2.16.2 Flora Terrestre

De los puntos estudiados se identificó un total de 316 especies de plantas pertenecientes a 64 familias. La **Tabla 12** resume el número de especies inventariadas por hábito.

Tabla 12. Número de Especies de Flora Terrestre por Hábito.

Tipo de Hábito	Número de Especies	Por Ciento del Total
Epífita	4	1
Arbusto	31	10
Bejuco	40	13
Árbol	82	26
Herbáceo	<u>159</u>	<u>50</u>
TOTALES	316	100

La vegetación o flora dominante en el área donde se propone desarrollar el Embalse es de pastos no manejados, es decir áreas herbáceas extensas con parches de árboles. Ninguna de las especies inventariadas se encuentra incluida como especie en peligro de extinción o amenazada de acuerdo a las listas federales o estatales revisadas. Copia del inventario se provee en el **Apéndice I** de este documento.

2.16.3 Recursos Forestales

Un inventario de árboles se realizó en el área donde se propone ubicar el Proyecto. Este inventario se efectuó de acuerdo a los requisitos del DRNA, según se establecen en el Reglamento Núm. 25. El estudio se llevó a cabo mediante muestreos estratificados usando parcelas de 20 X 20 m en las zonas con cubierta arbórea continua para determinar la densidad, estructura, y composición. Además se hicieron inventarios totales que cubrieron la ubicación de verjas, orillas de quebradas y ríos, caminos, y el corredor de la alternativa para la tubería de aducción propuesta.

La vegetación donde se propone construir el Proyecto está dominada por pastos no manejados, especialmente en las zonas bajas y llanas. Las colinas están ocupadas con bosques secundarios jóvenes y maduros que reflejan diversos niveles de perturbación. Los bosques o recursos forestales más continuos, diversos y maduros se ubican aguas arriba de las Quebradas Sonadora y Beatriz.

Las especies dominantes de árboles por sus nombres comunes lo son: cafeillo (*Casearia sp.*), bambú (*Bambusa vulgaris*), guaraguao (*Guarea guidonea*), camasey (*Miconia racemosa*), péndula (*Citharexylum fruticosum*), albizia (*Albizia procera*), laurel (*Cinnamomum elongatum*), moca (*Andira inermis*), tulipán (*Spathodea campanulata*), brucayo (*Erythrina peoppigiana*), guamá (*Inga laurina*) y jobillo (*Spondias mombin*). Las especies inventariadas son de tipo común y asociadas a zonas de sucesión secundaria joven y bosques secundarios maduros. Ninguna de ellas está incluida dentro de las listas de especies en peligro de extinción o amenazadas.

El Inventario de Árboles concluyó que 71,263 árboles de 2 m (6 pies) de alto o más, se encuentran en el área de construcción, incluyendo 2,943 árboles en el área del corredor de la tubería de aducción y 68,320 árboles en el área que ocuparán los restantes

componentes del Proyecto (Embalse, la planta de filtración y el vertedor). Copia del inventario se ofrece en el **Apéndice J** de este documento.

La construcción de la alternativa del túnel desde la toma propuesta en el Río Turabo hasta el Embalse no conlleva impactos a árboles ya que el túnel discurrirá a profundidades en las que no se espera que se impacten raíces de árboles. Por esta razón no se llevó a cabo un inventario de árboles en el área donde se propone construir el túnel. Aunque se estima que, de seleccionarse esta alternativa, se evitaría el corte de aproximadamente 1,150 árboles. Los posibles escenarios se discuten en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Impactos a Recursos Forestales.

Escenario	Árboles Impactados
Planta Nueva y Tubería de Aducción	69,463
Planta Nueva y Túnel	68,320

2.16.4 Fauna Terrestre

En el inventario de flora y fauna terrestre se identificó un total de 91 especies de fauna, de las cuales 40 fueron invertebrados. La fauna en el área de estudio consiste de especies comunes. Se inventariaron siete especies endémicas: un reptil, un coquí y cinco aves. Los nombres comunes y científicos de estas especies son: *Pseudemis stenjerii* (jicotea), *Eleuterodactylus portoricensis* (coquí), *Todus mexicanus* (San Pedrito), *Miyarcus antillarum* (Jui de Puerto Rico), *Spindalis portoricensis* (Reina mora), *Loxigilla portoricensis* (Comeñame), y *Melanerpes portoricensis* (Pájaro Carpintero).

La **Tabla 13** ofrece un resumen del número de especies inventariadas por grupo, mientras que el **Apéndice I** contiene copia del Inventario de Flora y Fauna del área del Proyecto donde se incluye una lista de todas las especies inventariadas.

Tabla 14: Inventario de Especies de Fauna Terrestre por Grupo.

Grupo	Número de Especies	Especies Endémicas	Por Ciento del Total
Anfibia	3	1	3
Reptilia	5	1	5
Mamíferos	6	0	7
Aves	37	5	41
Invertebrados	<u>40</u>	<u>0</u>	<u>44</u>
TOTALES	91	7	100

Ninguna de las especies inventariadas en el estudio de Flora y Fauna Terrestre se encuentra incluida como especie en peligro de extinción o amenazada de acuerdo a las listas federales o estatales vigentes. Durante la realización del estudio de Fauna y Flora Acuática, y como parte del reconocimiento general del lugar, se avistaron siete individuos de la especie *Patagioenas inornata wetmorei* (Paloma Sabanera). Los individuos estaban posados en un árbol de almendro dentro del banco oeste del Río Turabo, a aproximadamente 300 metros aguas abajo del lugar donde se propone ubicar la toma de agua pero no en la ruta propuesta de la tubería. Además el inventario que mantiene la oficina de Patrimonio Natural del DRNA documenta avistamientos de la especie *Patagioenas inornata wetmorei* (paloma sabanera) a una distancia mínima de 350 metros del perímetro del Proyecto. Dado que esta especie es un ave y los avistamientos fueron reportados entre los barrios Borinquen de Caguas y los barrios de Beatriz en Cayey y Bayamón en Cidra es meritorio que se desarrolle un protocolo de monitoreo durante el proceso de construcción ya que el proyecto propuesto se ubica entre estos barrios. Este protocolo deberá ser sometido previamente al DRNA y al USFWS.

El plan incluiría entre otras medidas las siguientes recomendaciones principales: (1) mantener un técnico en observación, tomando notas de la población y conducta en caso de avistamientos, (2) establecer un plan de acción en caso de incidentes potenciales con individuos y (3) establecer una red de acción interagencial sumando esfuerzos al plan de recuperación de la especie.

Por otro lado el Servicio de Pesca y Vida Silvestre considera que el área a ser inundada por el Embalse posee las características para ser considerado hábitat para la Boa Puertorriqueña (*Epicrates inornatus*). Sin embargo el DRNA no ha reportado avistamientos de esta especie en las inmediaciones del proyecto. Aún así es necesario mantener un plan de monitoreo durante la fase de construcción, similar al de la paloma sabanera, de manera que exista un protocolo de acción y manejo en caso de avistamiento de algún individuo.

2.16.5 Conclusiones Sobre Biología Terrestre

El área de estudio es extensa y posee hábitat diversos incluyendo zonas herbáceas, áreas anegadas, bosques jóvenes secundarios, ríos y quebradas. También existen zonas de asentamientos rurales.

El predio donde se propone el desarrollo del Proyecto constituye un mosaico complejo de formaciones con flora abundante y con vegetación típica de sucesión secundaria. Las especies de flora y fauna terrestres inventariadas son comunes en Puerto Rico a excepción de la paloma sabanera que es una subespecie endémica de la Isla y que además está listada como especie en peligro de extinción.

La vegetación donde se propone construir el Proyecto está dominada por pastos no manejados, especialmente en las zonas bajas y llanas. Las colinas están ocupadas con bosques secundarios jóvenes y maduros que reflejan diversos niveles de perturbación. Los bosques o recursos forestales más continuos, diversos y maduros se ubican aguas arriba de las quebradas Sonadora y Beatriz.

Los inventarios del DRNA indican la presencia de la Paloma Sabanera en el área donde se propone el Proyecto, por lo que será necesaria la implantación de un plan de monitoreo durante la etapa de construcción. Por otro lado el USFWS indicó (**Apéndice P**) que el área que será inundada por el Embalse podría ser un hábitat favorable para la Boa Puertorriqueña, por lo que consideraciones similares de monitoreo y protocolo de manejo en caso de avistamientos deberán ser tomadas con esta especie.

2.17 FLORA Y FAUNA ACUÁTICA

2.17.1 Trásfondo

La fauna de los ríos de Puerto Rico se compone principalmente de peces, crustáceos, camarones, buruquenas, insectos y sus larvas, moluscos y otros grupos menores. A través de los años las investigaciones reportan una cantidad cada vez menor de especies nativas. A continuación un resumen de algunas de las investigaciones realizadas en la Isla. Estas representan un trasfondo a las condiciones generales de la fauna en ríos y quebradas de Puerto Rico y sirve de preámbulo a las condiciones encontradas en la Quebrada Beatriz y el Río Turabo.

Hildebrand (1935) reportó nueve especies de peces indígenas de agua dulce en Puerto Rico. Erdam (1972) informa que en las aguas interiores de la Isla hay 59 especies nativas y 19 introducidas. En esa publicación se incluyen las especies de lagunas, estuarios, y caños, muchas de ellas especies marinas eurihalinas, es decir que toleran cambios en salinidad.

En el Compendio Enciclopédico de los Recursos Naturales (Departamento de Recursos Naturales, sin publicar) se reportan 32 especies de peces de agua dulce. En un informe de Yoshioka (1996) de investigaciones hecha por J. Holquist en algunos ríos de la Isla, se reporta la existencia de seis especies de peces nativas y cinco exóticas. En la misma publicación se indica que en esos estudios se encontraron 14 especies de crustáceos decápodos, 13 catádromas (migran durante diferentes fases de su desarrollo) y una que no migra, la buruquena.

2.17.2 Metodología

El estudio de Fauna y Flora acuática se dividió en dos fases. La primera fase fue la de recopilación de referencias para identificar y caracterizar preliminarmente los atributos geográficos y bióticos del área donde se van a ubicar los componentes del Proyecto.

La segunda fase, fue la fase de campo donde se recorrieron las áreas mediante la realización de dos transectos de 200 m de largo uno en el Río Turabo partiendo de donde se propone ubicar la toma de agua, y uno en la Quebrada Beatriz partiendo donde se propone localizar la represa.

El ancho de cada transecto se limitó por el ancho de mayor elevación en los bancos de cada cuerpo de agua. Para cada transecto se documentaron las especies de flora y fauna terrestre y acuática dos veces en horas de la mañana y dos veces en horas de la tarde.

Durante la segunda fase también se realizaron las actividades de captura y liberación para la identificación de organismos acuáticos que por su movilidad o por la falta de visibilidad en la zona no pueden ser inventariados a simple vista.

El inventario fue realizado en los meses de septiembre de 2005, diciembre de 2005 y enero de 2006.

Detalles de la metodología utilizada para el inventario de Fauna y Flora Acuática se presentan en el **Apéndice K**.

2.17.3 Resultados

En el Río Turabo se documentaron un total de 77 especies de flora y 70 especies de fauna. De las especies de flora inventariadas cuatro especies son consideradas como acuáticas o semi-acuáticas. Estas son: *Colocasia esculenta* (Malanga), *Cyperus alternifolius* (Piragüita), *Cyperus iria* (Junco) y *Fimbristylis sp.* (Junco). El resto representa flora herbácea, bejucos y árboles asociados al banco y a las riberas del Río Turabo.

De las 70 especies de fauna encontradas en el Río Turabo 44 son vertebrados y 26 invertebrados. De los vertebrados documentados, cinco especies corresponden a organismos acuáticos, nueve corresponden a organismos semi-acuáticos y 30 corresponden a organismos terrestres.

De los invertebrados documentados, siete corresponden a organismos acuáticos, cuatro corresponden a organismos semi-acuáticos y 15 corresponden a organismos terrestres.

En el Río Turabo se inventariaron los siguientes organismos acuáticos: cinco peces, un molusco, cuatro insectos y dos crustáceos.

En la Quebrada Beatriz se documentaron 53 especies de flora y 84 especies de fauna. De las 53 especies de flora, cuatro eran especies acuáticas o semi-acuáticas. Estas fueron la *Colocasia esculenta* (Malanga), *Cyperus alternifolius* (piragüita), *Cyperis iria* (Junco) y

Fimbristylis sp. (Junco). El resto de las especies de flora inventariada representan herbáceos, bejucos y árboles asociados al banco y a las orillas de la Quebrada Beatriz.

De las 84 especies de fauna, 56 eran vertebrados y 28 invertebrados. De los vertebrados cinco especies corresponden a organismos acuáticos, siete a semi-acuáticos y 44 a organismos terrestres. De las especies de invertebrados, siete corresponden a organismos acuáticos, dos a semi-acuáticos y 19 a organismos terrestres.

De los organismos acuáticos encontrados en la Quebrada Beatriz, cinco fueron peces, uno molusco, cuatro insectos y dos crustáceos.

En el **Apéndice K** se presenta la lista de todas las especies de fauna y flora inventariadas en la Quebrada Beatriz y el Río Turabo durante el estudio de Fauna y Flora Acuática.

2.17.4 Especies Amenazadas o en Peligro de Extinción o de Algún Interés de Conservación

La composición de la flora del área de estudio está representada por especies típicas de sucesión secundaria que en años pasados fueron alteradas principalmente por actividades agrícolas y urbanas. No se encontraron especies de flora designadas como críticas, amenazadas o en peligro de extinción por las agencias estatales y federales.

No se documentaron especies de peces nativos durante la realización de los eventos de muestro tanto en el Río Turabo como en la Quebrada Beatriz, sin embargo no se descarta su presencia ya que han sido documentados en los mapas del Atlas del Índice de Sensitividad de la NOAA, en ambos cuerpos de agua.

En los registros de la oficina de Patrimonio Natural del DRNA, del USFWS y en los mapas del Atlas del Índice de Sensitividad Ambiental de la NOAA, no se identificaron especies acuáticas amenazadas o en peligro de extinción dentro de las áreas evaluadas en el estudio de Fauna y Flora Acuática.

Durante la fase de campo de este estudio se identificaron individuos de especies nativas o endémicas a la Isla que por la deficiencia de datos sobre la condición actual de sus poblaciones fueron incluidos en el Reglamento para Regir las Especies Vulnerables y en Peligro de Extinción del DRNA (2004). Los individuos identificados pertenecen a las

especies de aves *Icterus dominicensis* (Candelaria) y *Vireo latimeri* (Bien-te-veo), y los crustáceos *Epilobocera sinuatifrons* (buruquena) y *Xiphocaris elongata* (Salpiche).

2.18 AGUAS DE LOS ESTADOS UNIDOS INCLUYENDO HUMEDALES

La Sección 404 de la Ley de Agua Limpia Federal (Clean Water Act) requiere que se obtenga un permiso del Departamento del Ejército de los Estados Unidos antes de depositar relleno o material de dragado en las aguas de los Estados Unidos según definido a continuación. La frase “aguas de los Estados Unidos” es definida en 33 CFR 328.3a (Código de Reglamentaciones Federales, CFR por sus siglas en inglés) como:

- Todas las aguas que son utilizadas actualmente, o que fueron usadas en el pasado, o son susceptibles al uso en comercio interestatal o con el extranjero, incluyendo todas las aguas que son sujeto de las altas y bajas de las mareas;
- Todas las aguas interestatales incluyendo humedales;
- Todas aquellas otras aguas interestatales como lagos, ríos (incluyendo quebradas intermitentes), lodazales, playas de arena, humedales, pantanos, praderas húmedas, marmitas (depresiones fluvioglaciales) en praderas, lagunas costeras, lagos naturales, su uso, degradación o destrucción que pueda afectar el comercio interestatal o extranjero que incluye alguna de estas aguas:
 - Aguas que pueden o son utilizadas por viajeros interestatales o extranjeros para uso recreativo u otros usos;
 - Aguas de las cuales se pueden extraer o se extraen peces o mariscos para el comercio interestatal o extranjero;
 - Aguas las cuales pueden o son usadas para la industria del comercio interestatal.

Los Humedales se consideran como Agua de los Estados Unidos según se menciona anteriormente. Los humedales poseen tres características que los definen de acuerdo al Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos: (1) Vegetación Hidrofítica (2) Suelos Hídricos, e (3) Hidrología, la cual se considera la fuerza creadora del humedal (Federal Interagency Committee for Wetland Delineation 1989). Estos tres (3) criterios técnicos

son mandatorios y deben de identificarse los tres parámetros para que un área pueda ser considerada el área como humedal.

- La vegetación hidrofítica está definida como toda aquella flora macrofítica que crece en agua, suelos o sustrato que es periódicamente deficiente de oxígeno debido a un exceso en el contenido de agua en el área (Reed 1988).
- Los suelos hídricos se definen como aquellos que están saturados, inundados o cubiertos de agua por un periodo de tiempo prolongado que provoca el que se creen condiciones anaeróbicas en las estratas superiores del suelo (USDA Soil Conservation Service 1987).
- La hidrología del área es producto de inundaciones periódicas o permanentes, suelos saturados hasta superficie por temporadas son las características para definir la formación de un humedal. La presencia de agua por una semana o mas durante los periodos crean condiciones anaeróbicas en los suelos, que afectan la vegetación que puede crecer y desarrollarse en los mismos. La humedad de los suelos es influenciada por diferentes factores incluyendo precipitación, estratigrafía, topografía, permeabilidad del suelo y cobertura vegetal.

Antes de iniciar la construcción de un proyecto que impacte humedales y aguas de los Estados Unidos, es necesario delimitar las áreas jurisdiccionales en el área del proyecto (si existen), y luego obtener un permiso del Cuerpo de Ingenieros.

Todos los terrenos a afectarse por el Proyecto fueron inspeccionados para identificar las áreas clasificadas como aguas de los Estados Unidos bajo la jurisdicción del Cuerpo de Ingenieros, (septiembre 2005, febrero 2006 y marzo 2007). Se identificaron aproximadamente 27.1 acres de humedales en las áreas estudiadas para el Proyecto. Los tipos de humedales identificados son: PEM1C (palustrino) y R2USC (ribereño), según las clasificaciones Cowardnig de 1979.

Las áreas jurisdiccionales en el área del Proyecto son identificadas en la **Figura 19**. En la figura también se indica el área anticipada de impacto, la cual podría variar dependiendo de la ubicación final de varios de los elementos del Proyecto. El **Apéndice**

L resume los resultados de la delimitación del área preparada durante los meses de septiembre de 2005, enero de 2006 y marzo de 2007. Este estudio aún no ha sido radicado al Cuerpo de Ingenieros lo cual se hará en una etapa más avanzada del diseño del Proyecto, como parte de la solicitud de Permiso Conjunto.

2.19 RECURSOS CULTURALES

Se efectuó un estudio histórico-cultural Fase 1A y 1B en el área del Proyecto. Los mismos fueron realizados de acuerdo a las guías publicadas en el Reglamento para la Radicación y Evaluación Arqueológica de los Proyectos de Construcción y Desarrollo para la Protección del Patrimonio Arqueológico Terrestre del Instituto de Cultura Puertorriqueña (ICP).

2.19.1 Fase 1A

El estudio Fase 1A envolvió una investigación documental y un recorrido de superficie para determinar la sensibilidad del área desde el aspecto de los recursos culturales finalizando con las siguientes conclusiones:

1. La sensibilidad del Proyecto a la existencia de recursos culturales, históricos, y arqueológicos es alta. Esto se debe a la identificación de diferentes artefactos encontrados en varios puntos del Proyecto.
2. En la sección de la cuenca del Embalse, se identificaron preliminarmente tres sitios de interés arqueológico y un hallazgo aislado asociados al periodo Aborigen Precolombino; y dos sitios de interés asociados al periodo histórico.
3. Se identificaron una serie de estructuras construidas en el siglo XX.
4. Las líneas de transmisión de agua cruda y filtrada discurrirán por terrenos de características y usos heterogéneos; con grados variables de integridad física y posibilidades a la existencia de recursos culturales ocultos en sus trayectorias.

Como resultado de las conclusiones anteriores, se recomendó la preparación de una Fase 1B a efectos de:

1. Ampliar la documentación de los recursos culturales identificados en la Cuenca del Embalse.
2. Evaluar las características de las estructuras identificadas en dicha sección para precisar valores arquitectónicos e históricos.
3. Dilucidar la existencia de recursos culturales ocultos en sectores sensitivos de la cuenca.
4. Establecer jerarquías de sensibilidad de los diversos segmentos estudiados a efectos de dilucidar la existencia de recursos culturales ocultos.

Detalles de los hallazgos encontrados en el estudio de Fase 1A se aneja en el **Apéndice M**.

2.19.2 Fase 1B

La Fase 1B consistió de un recorrido de superficie de toda el área de estudio con sondeos exploratorios para detectar la presencia de artefactos culturales. Del conjunto de recursos culturales identificados previamente de la Fase 1A se efectuó el proceso de prospección bajo superficie en tres de ellos, finalizando con las siguientes conclusiones:

1. En el primer sitio (Identificado Sitio precolombino #1) los resultados señalaron la ausencia de depósitos culturales matrices bajo superficie (área del Embalse).
2. En el segundo sitio (Identificado Sitio Histórico #2) los resultados señalaron la existencia de un depósito de residuario correspondiente al Periodo Colonial Español (Siglo XIX) (área del Embalse).
3. En el tercer sitio (Identificado Sitio precolombino PRCS-020) se corroboró la existencia de un residuario correspondiente preliminarmente al pasado agroalfarero precolombino pos-saladoide (tubería de aducción de agua cruda). El depósito mantiene integridad científica.
4. Se identificó un cuarto lugar (Identificado Sitio precolombino #4) que consiste de un depósito de residuario correspondiente preliminarmente al pasado agroalfarero precolombino pos-saladoide (área del Embalse). El depósito mantiene integridad científica.

5. La evaluación de sensibilidad a la existencia de recursos culturales ocultos en las áreas de líneas de transmisión no aportó datos que señalen la necesidad de ejecutar la prospección bajo superficie en las estas rutas.
6. Una serie de estructuras modernas y maquinarias industriales presentes en el área del Embalse no poseen méritos para su conservación.

La localización de los hallazgos de los recursos culturales se presenta en la **Figura 20**. Detalles de los hallazgos encontrados en el estudio de Fase 1B se aneja como **Apéndice N** a esta DIA-P.

2.20 RECREACIÓN ACTUAL Y POTENCIAL EN LOS RÍOS

A lo largo del cauce del Río Turabo existen varias charcas naturales utilizadas como áreas recreativas, principalmente en los fines de semana. En la **Figura 21** se localizan las dos áreas recreativas más importantes del Río Turabo aguas abajo a la toma propuesta. Ninguno de estos lugares está identificado oficialmente para el uso recreativo ni cuentan con acceso y estacionamiento público. El lugar que alberga mayor uso recreativo es el área donde se propone ubicar la toma, adyacente a la Carretera PR-765. En esta área hay una estructura abandonada en la que operaba un negocio de venta de bebida y comida. Los bañistas adquieren acceso al río a través de esta propiedad. En la Quebrada Beatriz no hay áreas conocidas de uso recreativo.

Por su alta pendiente (Río Turabo) y caudal limitado (Quebrada Beatriz), ninguno de los dos cuerpos de agua ofrecen posibilidad de uso de botes (kayak) en los tramos a impactarse por el Proyecto.

2.21 CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICOS

2.21.1 Población

Según el Censo del año 2000, el 99.2% de la población del Municipio de Caguas reside en áreas urbanas, mientras que tan sólo un 0.8% reside en áreas rurales. Al compararlo con

Puerto Rico, el censo indica que el 71% de la población reside en áreas urbanas y 29% en áreas rurales. Datos socioeconómicos básicos se presentan en la **Tabla 15**.

Tabla 15: Características Socioeconómicas del Municipio de Caguas y Puerto Rico.

Área Geográfica	Área (km ²)	Población Año 2000	Densidad Poblacional (personas/km ²)	Ingreso per capita (\$/año)	Edad Media (años)
Caguas	150	140,650	935	8,632	33.3
Puerto Rico	8,958	3,808,610	425	8,185	32.1

Fuente: Datos de 1999 (Fuente: Censo del 2000).

La proyección poblacional constituye una de las bases esenciales para proyectar la necesidad de agua. Partiendo del censo del año 2000, la Junta de Planificación ha publicado una proyección poblacional a nivel de municipio hasta el año 2025. La población histórica de los censos y la proyección preparada por la Junta de Planificación se presenta en la

Tabla 16.

Tabla 16: Datos Históricos y Proyecciones de Población en el Municipio de Caguas.

Año	Población ^{a/}	Crecimiento Poblacional por Año	Crecimiento Poblacional (por ciento al año)
1960	65,098		
1970	95,661	3,053	4.7 %
1980	117,959	2,230	2.3 %
1990	133,447	1549	1.3 %
2000	140,650	720	0.54 %
2005	143,831	636	0.45%
2010	145,640	361	0.25 %
2015	147,640	400	0.27 %
2020	148,953	263	0.18 %
2025	149,881	186	0.12 %

^{a/} Años 1950-2000 son datos del Censo, y los años subsiguientes son proyecciones de la Junta de Planificación.

Fuente: Junta de Planificación, datos censales y proyecciones del 2000

La población se afecta por la tasa de natalidad, mortalidad, y migraciones, con el último siendo el factor principal que determina su trayectoria poblacional. La migración de la población de un municipio a otro es difícil de predecir. Sin embargo, los municipios con el mayor crecimiento son aquellos con mayor oferta de empleo, próximos al área metropolitana de San Juan, y con oferta de vivienda. Caguas es uno de los municipios con mayor tasa de crecimiento poblacional en Puerto Rico.

Dado que el crecimiento poblacional de un municipio depende de la venta y construcción de vivienda, se pueden inferir los cambios poblacionales en los años entre censos utilizando los datos de permisos para la construcción de viviendas. Los datos de permisos de construcción de viviendas también figuran en las proyecciones del consumo de agua presentadas en esta DIA. Esta presunción se basa en que la AAA no vende agua a las personas individualmente, sino por las acometidas a las viviendas y negocios.

El Censo de 2000 informó una población promedio de 2.97 personas por vivienda en Caguas. Se observa una tendencia de reducción en el número de personas por vivienda. Si se aplica una tasa de reducción razonable al número de permisos otorgados el crecimiento poblacional resultante es de aproximadamente 1,900 personas al año, o 9,600 personas en cinco años, según presentado en la **Tabla 17**. La Oficina de Planificación Municipal informa que actualmente hay más de 9,000 unidades de vivienda en el proceso de trámite de permisos, venta o construcción.

Tabla 17: Número de Permisos de Proyectos de Construcción de Viviendas Otorgados en el Municipio de Caguas por Año.

Renglón	2000	2001	2002	2003	2004	Total 5 Años	Promedio Anual
Permisos Otorgados	436	674	864	328	976	3,278	656
Personas por Vivienda	2.97	2.96	2.95	2.94	2.93		2.95
Aumento Poblacional	1,295	1,995	2,549	964	2,860	9,663	1,933

Fuente: Oficina de Planificación, Municipal de Caguas

La Junta de Planificación proyecta un aumento poblacional de 9,200 personas desde el año 2000 al 2025, equivalente al número de permisos otorgados en tan sólo cinco años. Esto representa la mitad del aumento en el número sugerido por los datos de los

permisos de vivienda. Esto sugiere que la proyección de la Junta de Planificación está sustancialmente sub-estimando el aumento poblacional de Caguas.

La utilización de datos de permisos para estimar el crecimiento poblacional no toma en consideración el número de casas abandonadas, lo cual resulta en una sobre-estimación de la población. Sin embargo, este factor aparenta ser relativamente pequeño en Caguas. Por otro lado, los datos informados por la Oficina de Planificación Municipal solamente son para proyectos, y no incluyen la construcción de casas por particulares fuera de los desarrollos organizados, lo cual sub-estima el aumento poblacional por esta metodología. En resumen, la utilización de los datos de permisos presenta un cuadro más sensitivo a las condiciones reales de desarrollo dentro del municipio, e indican que la población está creciendo a una tasa mayor a lo proyectado.

2.21.2 Ingresos

De acuerdo al Censo de Población del 2000 y los indicadores Socioeconómicos por Municipio de la Junta de Planificación (2005), en el municipio de Caguas el ingreso promedio por familias fue de \$19,321, mientras que en Puerto Rico fue de \$16,543. El censo del 2000 también determinó que el 41.7% de la población del Municipio de Caguas se encontraba por debajo del nivel de pobreza, en comparación con el 47.2% para Puerto Rico. En la **Tabla 18** se compara el ingreso promedio por familia entre Caguas y Puerto Rico desde el año 1960 hasta el 2000.

Tabla 18: Ingreso Por Familia, por Año.

Área	1960	1970	1980	1990	2000
Caguas	\$1,491	\$3,807	\$6,825	\$11,432	\$19,321
Puerto Rico	\$1,268	\$3,063	\$5,923	\$9,988	\$16,543

Fuente: Indicadores Socioeconómicos por Municipio 2005, Junta de Planificación

2.21.3 Empleo y Sectores Económicos Principales

Según el Censo de Población, para el año 2000 había en el municipio de Caguas 106,012 (75.5%) personas de 16 años ó más. De éstas, 46,166 (43.5%) estaban en el sector trabajador. De estos, había 38,616 empleados y 7,464 desempleados, lo que representa

una tasa de desempleo del 10%. En ese año, la tasa de desempleo para la Isla fue de 12.6%.

El desglose de los empleos por ocupación e industria principal en Caguas (Censo 2000), se presentan en la **Tabla 19** y **Tabla 20**.

La fuente de empleo principal por ocupaciones en Caguas es la de ventas y trabajos de oficina, seguida por empleos gerenciales, profesionales y relacionados. En cuanto a las fuentes principales de empleo por industria, la fuente principal de empleo es el comercio al detal seguido por la industria de manufactura. Para ambas clasificaciones, el sector de agricultura, silvicultura, pesca y caza son los que menos empleos generan. .

Tabla 19: Población Civil de 16 Años o Mayor Empleados en el Municipio de Caguas por Ocupación.

Ocupación	Empleos	% del total
Gerenciales, profesionales y relacionadas	11,507	29.8
Servicios	5,399	14.0
Ventas y oficinistas	12,052	31.2
Agricultura, pesca y silvicultura	106	0.3
Construcción, extracción, y mantenimiento	4,093	10.6
Producción, transportación y traslado de materiales	<u>5,459</u>	<u>14.1</u>
TOTAL	38,616	100

Nota: Incluye el empleo de personas que no residen en el Municipio de Caguas.

Tabla 20: Población Civil de Edad de 16 Años o Mayor Empleados en el Municipio de Caguas, por Industria.

Industria	Empleos	% del total
Agricultura, silvicultura, pesca y caza, e industria minera	198	0.5
Construcción	2,572	6.7
Manufactura	5,369	13.9
Comercio al por mayor	1,634	4.2
Comercio al detal	5,477	14.2
Transportación y almacenaje, y servicios públicos	1,675	4.3
Información	947	2.5
Finanzas, seguros, bienes raíces, y alquiler y arrendamiento	2,177	5.6
Servicios profesionales, científicos, gerenciales, administrativos y de disposición de desperdicios	2,579	6.7
Servicios educativos, de salud y sociales	7,831	20.3
Artes, entretenimiento, recreación y servicios de alojamiento y comida	2,249	5.8
Otros servicios (excepto administración pública)	2,058	5.3
Administración pública	<u>3,850</u>	<u>10.0</u>
TOTALES	38,616	100

Nota: Incluye el empleo de personas que no residen en el Municipio de Caguas.

Fuente: Censo 2000

2.21.4 Sector Turístico

Caguas no es un área hotelera tradicional, pero recientemente cuenta con la facilidad “Caguas Real Four Points by Sheraton Hotel, Casino & Country Club” ubicada adyacente a la canalización del Río Turabo. Este hotel cuenta con 126 habitaciones y 2 suites, además de un restaurante, una piscina, y un centro de convenciones para 100 personas. Tiene acceso a un campo de golf de 18 hoyos y una Casa Club inaugurada en agosto del 2005, asociados con el desarrollo Caguas Real. El enfoque de este hotel es mayormente al viajero de negocios.

3. NECESIDAD DEL PROYECTO

3.1 ENFOQUE DEL ANÁLISIS

Esta sección presenta y evalúa las proyecciones de demanda de agua, y las compara con las fuentes de agua disponibles, para determinar la necesidad de proyectos futuros para el Municipio de Caguas. El análisis de la necesidad del Proyecto tiene los siguientes componentes:

1. Determinar el rendimiento seguro de las fuentes de abasto que suplen a Caguas,
2. Determinar la necesidad de agua a base de proyecciones,
3. Mediante una comparación de los abastos y la necesidad, determinar la necesidad futura de uno o más proyectos de agua.

Para determinar en cuánto se debe aumentar los abastos de agua, es necesario comparar las necesidades actuales y futuras con el rendimiento seguro de las fuentes de abastos existentes. La capacidad adicional que se requiere se determina como la diferencia entre el rendimiento seguro de los abastos actualmente desarrollados, y las necesidades proyectadas.

El concepto de “rendimiento seguro” es clave en este análisis, y representa el caudal que una fuente de abasto puede suplir de manera confiable. Un sistema municipal siempre debe sostener sus entregas de agua hacia la comunidad aún durante sequías, y experimentar un mínimo de racionamiento. Se ha definido y calculado el rendimiento seguro como el flujo disponible el 99% de los días. Durante los periodos de racionamiento se ha establecido que el suministro de agua nunca debe ser menor del 75% de las entregas normales. Esta definición de rendimiento seguro es consistente con la utilizada en el diseño de los embalses de Fajardo y Río Blanco, y también en el Plan de Agua preparado por el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.

Es importante aclarar que hay plantas de filtración que producen una cantidad sustancial de agua durante periodos de lluvia “normal”, pero cuya producción cae dramáticamente por falta de agua aún durante una sequía leve. Debido a este problema la planta de Caguas Sur, que puede producir hasta 8 mgd cuando hay agua disponible, produce menos de la mitad de este caudal durante sequía. El propósito del proyecto propuesto, y el cálculo de rendimiento seguro, es precisamente eliminar este problema recurrente de la falta de abasto de agua en Caguas.

Otra razón para llevar a cabo la proyección en la demanda de agua es para el diseño del sistema de transmisión y distribución. En este análisis es importante saber no tan solo la cantidad total del agua, sino también la localización de los centros de demanda para asegurar que la tubería y estaciones de bombeo tienen la capacidad adecuada, y que el sistema de abasto se conecta a la red de transmisión existente en un punto que facilite su distribución a toda el área de servicio.

Un estudio de proyección de demanda de agua para Puerto Rico, incluyendo segregación al nivel de municipio, fue realizado en 2004 por la empresa CDM bajo contrato con la Oficina de Plan de Agua del DRNA, y utilizando el modelo de proyección IWR-MAIN. Los resultados de la proyección del escenario más conservador de dicho estudio fueron utilizados por la firma CSA en 2005 para preparar el estudio “Modelaje del Sistema de Caguas” (**Apéndice O**) para determinar el punto de conexión del proyecto propuesto a la red de transmisión de Caguas. Similarmente, debido a que el patrón geográfico de demanda no se puede proyectar con certeza, las necesidades de transmisión se analizaron utilizando la premisa más alta de demanda de agua. De esta forma se maximiza la capacidad del sistema de transmisión y se supe toda el área de servicio.

3.2 RENDIMIENTO SEGURO DE FUENTES DE AGUA EXISTENTES

Las fuentes de abasto que suplen al Municipio de Caguas se presentan en la

Tabla 21. En la misma se muestran la producción bajo condiciones de lluvia normales (la producción del año 2005), y también el rendimiento seguro. Es relevante señalar que el año 2005 fue un periodo de lluvia relativamente abundante.

Tabla 21: Producción Normal (2005) y Rendimiento Seguro de Fuentes de Abasto, Caguas.

Facilidad	Producción Normal Anual (mgd) a/	Rendimiento Seguro (mgd)	
		Sin Proyecto a/	Con Proyecto Beatriz (mgd) a/
<u>Fuentes de Aguas dentro de Caguas:</u>			
P.F. Caguas Sur	6.0	1.5 b/	13 a 14
P.F. Caguas Norte	3.5	6.0 c/	6.0 h/
Pozos	0.03	0.03	0.03
Planta Compacta San Salvador	0.29	0.29 d/	0.29
<u>Transferencias Hacia Caguas:</u>			
Estación de Bombeo La Muda	5.90	0 e/	0
Cidra	0.36	0.36 f/	0.36
Cayey	0.58	0.58 f/	0.58
San Lorenzo (R. Loíza)	<u>0.50</u>	<u>0.50</u> g/	<u>0.50</u>
TOTAL	17.16	9.26	20.76

a/ Datos de 2005 del informe modelación hidráulica de Caguas, CSA (2005), **Apéndice O**. Los estimados de rendimiento seguro de las fuentes fueron preparados por Gregory Morris Engineering.

b/ A base de información suplida por el operador de la planta Caguas Sur y revisión del récord de producción de la facilidad.

c/ Capacidad de producción de la planta, la cual equivale a 42% del Q_{99} de 14.2 mgd. No se vislumbra que será posible obtener permiso para aumentar esta extracción.

d/ Toma en Q. Morena, $Q_{99} = 0.31$ mgd.

e/ Agua bombeada desde el área metropolitana de San Juan y entregado a Caguas. Dado que la tasa de extracción de varias de las fuentes de agua que suplen al Área Metropolitana supera su rendimiento seguro, esta transferencia no se considera rendimiento seguro ya que no es agua que sobra de otra región.

f/ Fuera del área de servicio del proyecto propuesto. Rendimiento seguro no calculado.

g/ Porción del agua de la planta de filtración de San Lorenzo (ampliada en 2001) que actualmente llega a Caguas. La capacidad de esta planta de filtración está de acuerdo con el

rendimiento seguro del Río Loíza en la toma, la cual incluye el requisito de un flujo mínimo ambiental para el río.

h/ Planta de Filtración Caguas Sur será reemplazada por Nueva Planta de Filtros.

La mayoría del Municipio de Caguas actualmente se abastece de las plantas de filtración Caguas Sur, Caguas Norte, y la transferencia de agua desde el área metropolitana de San Juan por la estación de bombeo “La Muda.” Mediante esta estación de bombeo, Caguas está interconectado con el sistema del área metropolitana suplida por los embalses La Plata, Carraízo y Dos Bocas (Superacueducto), y a la planta de filtración “Los Filtros” en Guaynabo. La razón de extracción de varias de las fuentes de abasto en el área metropolitana excede su rendimiento seguro. Por ejemplo, la tasa de extracción de Carraízo actualmente fluctúa alrededor de los 80 mgd, pero su rendimiento seguro es de 63 mgd, un déficit de agua que podría sentirse en la próxima sequía severa. Esto indica que el agua que actualmente se bombea hacia Caguas por la Muda no se debe considerar como rendimiento seguro.

El sector Guavate se suple del sistema de Cidra y el sector San Salvador se suple del sistema de San Salvador. Estos dos sectores seguirán siendo suplidos por los sistemas actuales porque no están interconectados con el sistema de Caguas. Sin embargo, dichos sectores se presentan en este análisis con el propósito de balancear la disponibilidad del agua con las proyecciones de demanda para el municipio entero. Esto responde a que los datos socio-económicos se preparan para el municipio entero. No obstante, el rendimiento seguro para estos dos sistemas no figura en el análisis.

3.3 PROYECCIONES DE LA NECESIDAD DE AGUA POR CDM

3.3.1 Componentes de las Proyecciones

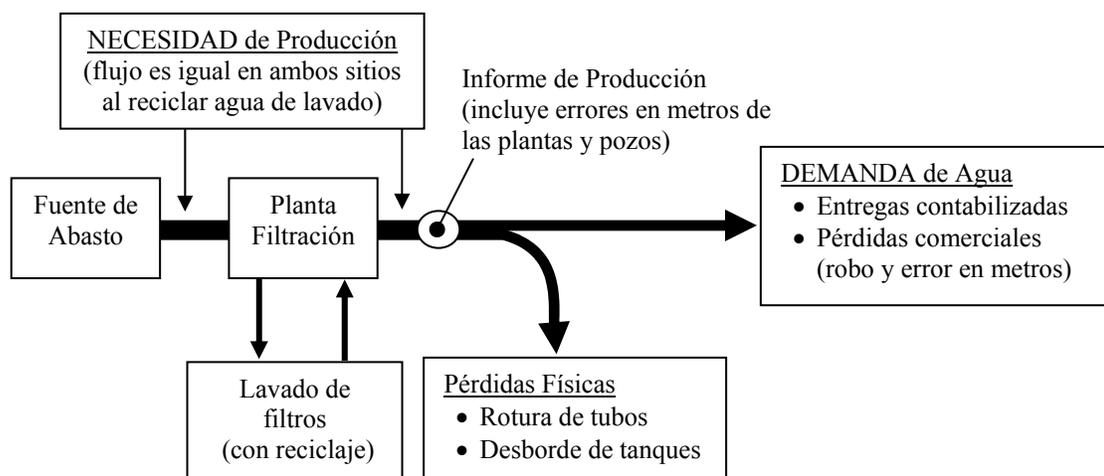
En esta sección se presentan las proyecciones de la demanda y también de la necesidad de producción de agua. La demanda es el volumen utilizado por los consumidores, mientras que la necesidad es el volumen de agua que se tiene que extraer de la fuente y procesar en la planta de filtración tomando en consideración el agua que se pierde entre la planta y el consumidor. Se utiliza aproximadamente 3% a 4% del agua producida por la planta para el lavado de filtros. Actualmente esta agua se descarga al río luego de

utilizada, pero bajo la condición propuesta se contempla reciclar el agua de lavado. Por lo tanto, no hay diferencia entre el volumen de agua producida y el volumen de agua extraída de la fuente de abasto.

Se estima que para el 2005 el 51% del agua producida en Caguas no se registró en los medidores de los consumidores. Esta diferencia se denomina “agua no-contabilizada”, y puede ser una consecuencia de lo siguiente en:

- errores de medición en la planta que resta de la confiabilidad de los datos de producción,
- pérdidas físicas en la forma de filtraciones de tubería y desborde de los tanques,
- pérdidas comerciales que consisten en usos de agua no contabilizada por los metros de los consumidores debido a falta de precisión en los metros, robo del agua, etc. Comúnmente se aplica el término “pérdida” al agua no-contabilizada, lo cual es lógico porque desde el punto de vista de la AAA no se sabe donde ocurren dichas pérdidas. Sin embargo, las pérdidas comerciales figuran como parte de la demanda real porque es agua que se utiliza; es una pérdida solamente desde el punto de vista comercial.

Se presenta a continuación un diagrama conceptual de la relación entre estos factores:



Actualmente no hay información confiable sobre el porcentaje de la producción que consiste en pérdidas físicas y el porcentaje que consiste en pérdidas comerciales. Dicha información está siendo desarrollada como parte del Proyecto de Agua No-contabilizada iniciado por la AAA en 2007.

3.3.2 Metodología de la Proyección de OPA/CDM

Esta sección presenta en forma resumida la metodología de proyección utilizada en el estudio de CDM (2004) preparado para la Oficina de Plan de Agua (OPA) del DRNA.

Se prepararon dos proyecciones de DEMANDA de agua a base de parámetros socioeconómicos, el número de viviendas, ingresos y empleo. Para cada uno de los escenarios de demanda se prepararon dos cálculos de la NECESIDAD de agua a base de escenarios de conservación y control de pérdidas. Por lo tanto, se evaluaron un total de cuatro escenarios, todos utilizando como base la proyección poblacional de la Junta de Planificación.

En el sector residencial la demanda de agua se proyectó a base de las entregas por acometida, o sea, a base del número de viviendas y no de la población. Debido a que la Junta de Planificación no proyectó el número de viviendas, CDM proyectó el número viviendas basado en la proyección poblacional y en las premisas referentes al número de personas por vivienda. El consumo de agua por vivienda se proyectó utilizando varios factores incluyendo: el costo real del agua (con ajuste por inflación), ingreso, y el tamaño de la vivienda (número de casas por acre dependiendo de si es tipo uni-familiar o multi-familiar).

La demanda del sector no-residencial se proyectó utilizando como base la distribución de los empleos entre los sectores industriales, los factores de uso de agua por empleo en cada sector, y el empleo según la proyección poblacional y la tasa de empleo.

Las premisas socioeconómicas incorporadas en las dos proyecciones de demanda se presentan resumidas en la **Tabla 22**. La proyección esperada (“expected”) fue la proyección original y la proyección alternativa (“alternative”) fue desarrollada como una variante a la primera proyección.

Tabla 22: Premisas Socioeconómicas Incorporadas en las Proyecciones de Demanda de Agua por CDM.

Parámetro	Proyección “Expected”	Proyección “Alternative”
Población	Junta Planificación	Junta Planificación
Personas por Vivienda	Constante	Reducción por tasa histórica
Ingreso (dólares reales)	Constante	Aumento por tasa histórica
Razón de empleo por sector	Constante	Constante
Razón empleo/población	Constante	Aumento por tasa histórica
Costo marginal del agua	Constante	Constante
Razón demanda no-res/residencial	Constante	Reducción

Para cada proyección de demanda se establecieron dos premisas relacionadas a la reducción en agua no-contabilizada para así calcular la necesidad de producción. La proyección base presumió que se mantienen las pérdidas actuales en 51% de la producción, y la proyección restringida (“restricted”) incorpora una reducción dramática en este factor. Las dos alternativas se presentan en la **Tabla 23**. La premisa de la “Proyección Restringida” no refleja una realidad de lo alcanzable, ya que no hay ningún indicio de reducción en el porcentaje de agua no-contabilizada del 2000 al 2005. Al momento, tampoco parece factible el alcanzar la meta de reducir las pérdidas de un 51% a un 20% para el año 2010.

Tabla 23: Premisas Sobre el Porcentaje de Agua No-Contabilizada.

Proyección	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Proyección Base	51%	51%	51%	51%	51%	51%
Proyección Restringida	51%	35%	20%	20%	20%	20%

3.3.3 Resultados de las Proyecciones de CDM

Las cuatro proyecciones de agua preparadas para Caguas por CDM se presentan en la **Tabla 24**. La proyección “Alternative,” la más alta, se utilizó para el trabajo de modelación del sistema de transmisión para asegurar que el mismo posea capacidad suficiente para manejar la demanda máxima diaria.

Tabla 24: Necesidad de Agua (mgd) para Caguas para Cuatro Escenarios de Proyección (CDM, 2004).

Escenario	2000	2005	2010	2015	2020	2025
“Expected”	26.3	26.9	27.2	27.5	27.7	27.9
“Expected Restricted”	26.3	20.0	16.2	16.3	16.2	16.2
“Alternative “	26.3	27.8	29.2	30.4	31.5	32.5
“Alternative Restricted”	26.3	20.7	17.4	17.9	18.4	18.9

3.3.4 Discusión de las Proyecciones de CDM

Al revisar las proyecciones de CDM y las premisas que forman su base, hay varios factores que indican que esta metodología no es la más adecuada para las condiciones específicas del Municipio de Caguas.

- Las dos proyecciones “Restricted” no se consideran realistas o alcanzables porque sus premisas referentes a la reducción en agua no-contabilizada, de 51% en 2000 a 20% en 2010, no guardan relación con la realidad actual.
- Las otras dos proyecciones de CDM incorporan la premisa de seguir con 51%, lo cual no representa una situación deseable y no debe de constituir la base para proyectar la necesidad del agua.
- La proyección poblacional de la Junta de Planificación, la cual forma la base para todas las proyecciones de CDM, aparenta sub-estimar sustancialmente la tasa de crecimiento actual en Caguas. Por ejemplo, de 2005 al 2010 se proyecta un aumento poblacional de 3,181 personas, equivalente a aproximadamente 1,070 unidades de vivienda. Sin embargo, entre 1999 y 2004 Caguas emitió permisos para la construcción de más de 10,000 unidades de vivienda (se incorporó la premisa que se demora un año entre el permiso de construcción y la ocupación de la casa).
- La demanda de agua informada para el año 2000 en la proyección de CDM (26.3 mgd) es sustancialmente mayor que la producción informada para 2005 (17.16 mgd). Esta diferencia podría reflejar un déficit actual real con demanda no-satisfecha, pero dada su magnitud se infiere que es un efecto del alto estimado de demanda de la proyección de CDM.

- La proyección de CDM incluyó la premisa de que el 51% del agua no-contabilizada consiste en pérdidas físicas. No hace una corrección para incluir el factor de las pérdidas comerciales.

Ante estas interrogantes, se consideró apropiado revisar las proyecciones de la necesidad de agua para incorporar las condiciones particulares que afectan al Municipio de Caguas.

3.4 DEMANDA DE AGUA MODIFICADA

3.4.1 Calculo Modificado de la Necesidad de Agua, Año 2000

El punto de partida de la proyección de CDM es el año 2000, y en la proyección modificada se utilizó este mismo año. El alto valor de demanda de agua informada para el año 2000 en la proyección de CDM (**Tabla 24**) ocurre en parte porque el modelo IWR-MAIN que se utilizó, se basó en parámetros socio-económicos calibrados a nivel de Puerto Rico entero y no aquellos particulares de los municipios. Por ende, a pesar de que la entrega de agua promedio es 155 gpd por abonado residencial en Caguas, según los datos del 2001 informado por CDM (2004), el modelo IWR-MAIN indicó una demanda promedio de 185 gpd por abonado. En modo de comparación, el consumo (demanda) registrado en Carolina es 163 gpd/abonado, en Bayamón es de 167 gpd/abonado, y el promedio de todo Puerto Rico es de 161 gpd/abonado.

Para el cálculo modificado se adoptó un valor de 165 gpd/per capita para Caguas para la demanda residencial. Debido al ingreso elevado en Caguas, se espera que el consumo de agua por abonado sea mayor. Por lo tanto, la discrepancia entre el valor observado de 155 gpd/abonado y el valor adoptado de 165 gpd/abonado refleja las deficiencias en el sistema de distribución Caguas (demanda no-satisfecha).

El valor de agua no-contabilizada de 51% incluido en el estudio de CDM no diferenció entre las pérdidas comerciales y las pérdidas físicas del sistema. Para este cotejo se separaron las pérdidas comerciales de las pérdidas físicas, estimando que 10% consiste en pérdidas comerciales y que las pérdidas físicas son de 41%. La necesidad de producción para el año 2000 se calcula en la **Tabla 25** incorporando estas dos

modificaciones. En conclusión, se adopta 21.2 mgd como la demanda de agua para el año 2000 como base de la proyección de demanda modificada.

Tabla 25: Cálculo Modificado de la Necesidad de Agua, Año 2000.

Parámetro	Valor
Población censo 2000	140,650
Agua residencial, gpd/cápita <u>a/</u>	55
Demanda total sector residencial, mgd	7.7
No-residencial como porcentaje de residencial, mgd	62%
Demanda total, mgd	12.5
Pérdidas Físicas, porcentaje de producción	41%
Necesidad de producción año 2000, mgd	21.2

a/ Demanda de 55 gpd/capita y promedio de 3 personas por residencia produce 165 gpd/abonado.

3.4.2 Proyección de Demanda de Agua Modificada

Las proyecciones modificadas utilizaron la secuencia de cálculos presentada previamente en la **Tabla 25**: Cálculo Modificado de la Necesidad de Agua, Año 2000., pero modificando la proyección de población basada en la tasa de construcción de vivienda en Caguas. Los cálculos de la proyección se presentan en la **Tabla 26** y gráficamente en la **Figura 22**. La proyección se desarrolló utilizando los siguientes criterios:

- Aumento anual de vivienda El valor de 2005 representa los permisos otorgados según desglosado en la **Tabla 17**. Los valores para 2010 y 2015 representan los 9,0000 permisos en proceso, con una disminución en la tasa de construcción con el tiempo.
- Número de Viviendas Inventario total de la vivienda, lo cual aumenta de acuerdo a la construcción de vivienda calculada arriba. No se añaden las casas construidas por particulares, o las casas abandonadas, ya que estos datos no existen.

- **Personas por Vivienda** Calculado como población total dividida por número total de viviendas. Reducción paulatina en base a la tendencia histórica similar al patrón observado en los EE. UU. La proyección de CDM para este parámetro utilizó una tasa de reducción constante, la cual produce un valor significativamente por debajo del valor mantenido en los EE. UU. durante los últimos 20 años. Datos sobre este particular se presentan en la **Figura 22**.
- **Población Proyectada** Calculada como producto de personas por vivienda y número de viviendas.
- **Demanda residencial** Estimado basado en datos de consumo promedio por acometida residencial, descrito antes. Se aumenta paulatinamente para los años futuros en respuesta a un aumento en ingreso.
- **Demanda no-residencial** La demanda no-residencial es un porcentaje constante de la demanda residencial.
- **Demanda total per capita** Suma de demanda residencial y no-residencial.
- **Pérdidas físicas del agua** Pérdidas físicas por filtración. Estimado bajo dos escenarios distintos. El escenario CON control de pérdidas, reduce las pérdidas físicas al 23% en 2025. Sin control mantiene la tasa actual de 51%.
- **Necesidad total per capita** Necesidad de producción incluyendo demanda residencial, demanda no-residencial, más pérdidas físicas.
- **Necesidad de Producción** Calculado al multiplicar la necesidad de producción per cápita y por la población municipal.

Tabla 26: Proyección de Demanda y Necesidad de Agua, Modificada.

Parámetro	2000	2005	2010	2015	2020	2025
<u>Proyección Demanda de Agua</u>						
Aumento anual de vivienda <u>a/</u>		600	600	600	400	300
Vivienda Proyectada	47,357	50,357	53,357	56,357	58,357	59,857
Personas por Vivienda	2.97	2.92	2.87	2.82	2.77	2.72
Población Proyectada	140,650	147,042	153,135	158,927	161,649	162,811
Demanda residencial, gpd/capita	55	56	57	58	59	60
Demanda no-residencial, % <u>b/</u>	62%	62%	62%	62%	62%	62%
Demanda total per cápita, gpd/p	89	91	92	94	96	97
<u>Proyección de Necesidad - CON control de perdidas</u>						
Pérdidas físicas del agua, %	41%	41%	38%	33%	28%	23%
Producción total per capita, gpd	151	151	144	133	124	116
Necesidad de Producción, mgd	21.2	22.6	22.8	22.3	21.5	20.6
<u>Proyección de Necesidad - SIN control de perdidas</u>						
Agua no-contabilizada, %	41%	41%	41%	41%	41%	41%
Producción total per capita, gpd	151	151	151	151	151	151
Necesidad de Producción, mgd	21.2	22.6	24.0	25.3	26.2	26.8

a/ Para los 5 años anteriores. Es decir, 2005 representa el periodo 2000 – 2005.

b/ Demanda no-residencial como por ciento de la demanda residencial.

3.4.3 Conclusiones Referentes a la Demanda de Agua

Basado en la proyección de demanda modificada presentada en la **Tabla 26**, se concluye que para proveer un abasto adecuado de agua para el Municipio de Caguas se requiere actualmente un rendimiento seguro de 23 a 24 mgd, y entre aproximadamente 20.6 y 26.8 mgd para suplir a Caguas hasta el año 2025. La diferencia entre los dos valores proyectados para el año 2025 depende de la reducción de las pérdidas físicas.

3.5 EVALUACIÓN DE LA NECESIDAD DEL PROYECTO

En la **Tabla 27** se presenta el cálculo del balance de agua bajo la premisa de que se suplirán 5.9 mgd de transferencia de agua desde San Juan a Caguas aún en periodos de sequía, lo cual no es el caso. Sin las transferencias de San Juan, la única opción que

genera un balance favorable ocurre CON el proyecto y CON el control de las pérdidas físicas.

Tabla 27: Balance de Agua por Año en Base A la Proyección Modificada de Necesidad de Producción.

Parámetro	2010	2015	2020	2025
<u>Balance de Agua, SIN proyecto</u>				
Rendimiento Seguro (sin proyecto)	9.3	9.3	9.3	9.3
Balance CON control de pérdidas físicas	-13.7	-13.0	-12.2	-11.3
Balance SIN control de pérdidas físicas	-14.7	-16.0	-16.9	-17.6
<u>Balance de Agua, CON proyecto en el año 2015</u>				
Rendimiento Seguro (con proyecto) a/		20.8	20.8	20.8
Balance CON control de pérdidas físicas	-2.0	-1.5	-0.7	0.2
Balance SIN control de pérdidas físicas	-3.2	-4.5	-5.4	-6.1

a/ Agua del Embalse Beatriz disponible en proyecciones del año 2015 en adelante.

La Oficina de Infraestructura de la AAA ha propuesto la Optimización del Sistema del Área Metropolitana para suplir la línea de transmisión que va de San Juan a Caguas. Se estima que si se optimiza el sistema, mediante el ajuste de válvulas y bombeos, se pueden obtener hasta 13 mgd adicionales que podrían atender provisionalmente la necesidad de agua en el área de Caguas (Balance Hidráulico Sistema Metro, Presentación, AAA, Esteban Fuentes, Febrero, 2007). Sin embargo, a largo plazo se pretende que estas transferencias se mantengan al mínimo, ya que el Área Metropolitana requiere del mayor volumen posible de agua para sustentar el desarrollo consolidado que se propone en esa Área.

En conclusión, el Proyecto se hace necesario desde dos puntos de vista: (1) para atender el crecimiento poblacional que está ocurriendo en Caguas, y (2) para reducir la dependencia en las transferencias desde San Juan, las cuales representan el sobrante de agua en San Juan y no son una fuente segura para Caguas.

4. ANALISIS DE ALTERNATIVAS

El Reglamento de la JCA requiere que la DIA-P de un proyecto incluya un análisis comparativo de alternativas razonables a la acción propuesta, incluyendo la preferida o propuesta, y la comparación de estas alternativas con la del “status quo” (no llevar a cabo el proyecto, definida como “No-Acción”). Esta sección compara las ventajas y desventajas de la alternativa de No-Acción con las otras alternativas evaluadas, incluyendo la preferida.

4.1 ALTERNATIVAS EVALUADAS

Las siguientes alternativas fueron evaluadas para proveer un análisis comparativo de las ventajas y desventajas de cada una relativas a la de No-Acción y la Alternativa Preferida:

1. No-Acción
2. Tomas o extracciones adicionales en fuentes superficiales
3. Otros embalses
4. Utilización de agua subterránea
5. Transferencia de agua de otras zonas
6. Conservación de agua
7. Control de agua no contabilizada
8. Reuso de agua
9. Alternativa propuesta (preferida) – Embalse Beatriz

La estrategia para proveer las necesidades de agua a largo plazo se basa en la combinación de estas alternativas.

4.1.1 Alternativa de No-Acción

La alternativa de “No-Acción” consiste en no llevar a cabo el Proyecto propuesto. Esto conllevaría seguir utilizando las fuentes de abasto actuales que suplen la zona urbana de Caguas sin aumentar la producción de agua potable.

Las siguientes son las ventajas de la alternativa de No-Acción:

1. No se utilizarían los recursos de agua adicionales del Río Turabo y de la Quebrada Beatriz, los que estarían disponibles para otros usos o abastos de agua futuros.
2. No se utilizarían permanentemente los predios que se proponen para el Embalse Beatriz, la nueva PF, tuberías y bombas. Estos terrenos estarían disponibles para otros usos.
3. No ocurrirían los impactos ambientales adversos del Proyecto, incluyendo a la corteza terrestre y a la flora y fauna del predio del Embalse y la PF, el Río Turabo y las quebradas Beatriz y de Las Quebradillas, y a los humedales a ser afectados.
4. No se utilizarían los recursos económicos que requerirá el Proyecto, ni los materiales y combustibles a utilizarse en las obras, los que estarían disponibles a la AAA para otros proyectos.

Las desventajas de la alternativa de No-Acción incluyen las siguientes:

1. Los residentes de la zona urbana de Caguas y barrios cercanos continuarían sufriendo escasez periódica en el abasto de agua potable, particularmente durante sequías, afectando así su bienestar.
2. No se podrían programar proyectos urbanos, comerciales e industriales adicionales debido a la falta de agua potable, lo que afectaría negativamente el desarrollo económico de la zona de Caguas y el bienestar de sus residentes.
3. No se invertirían los recursos económicos programados para el Proyecto, que tendrá un efecto multiplicador en la economía de Caguas y de Puerto Rico, mejorando el empleo e ingreso personal y del Gobierno Municipal.

4.1.2 Alternativa de Tomas ó Extracciones Adicionales en Fuentes Superficiales

Esta alternativa consiste en aumentar las extracciones de las tomas en los ríos y quebradas que ahora suplen agua a las plantas de filtración existentes (Caguas Sur y Caguas Norte), ó instalar nuevas tomas en los ríos y quebradas en la zona de Caguas. Esta alternativa tendría las siguientes ventajas:

1. De existir recursos de agua superficiales adicionales, evitaría tener que desarrollar el Embalse Beatriz y utilizar los terrenos y recursos económicos y naturales propuestos.
2. El impacto adverso de una toma en un río y quebrada es mínimo en comparación con un embalse.

Sin embargo, esta alternativa no es viable debido a que en la zona de Caguas no existe el potencial de aumentar significativamente las extracciones de agua superficiales de tomas en ríos y quebradas, porque estas fuentes de agua ya están aprovechadas hasta el máximo.

1. La **Tabla 28** resume la tasa de extracción de agua cruda en el 2005 de las tomas existentes en los ríos y quebradas en la vecindad de Caguas, así como el rendimiento seguro de dichas tomas. Los datos en la Tabla establecen que no existe capacidad de extracción adicional significativa en los ríos y quebradas de la zona. El flujo remanente es el mínimo requerido para el sostenimiento de la vida acuática.
2. Tampoco existe el potencial de construir una toma nueva en los ríos de la zona. El único río en la zona de Caguas que cuenta con un flujo sustancial en épocas de estiaje es el Río Grande de Loíza, que fluye al este-sureste de la ciudad. Anteriormente la AFI evaluó el potencial de una toma de agua en dicho río para aumentar la producción en la PF de Caguas Norte. Esta alternativa fue descartada debido a que durante sequías, cualquier extracción adicional en el Río Grande de Loíza reduciría el rendimiento seguro del Embalse Carraízo (Lago Loíza), que se nutre de dicho río.

Esta alternativa fue descartada al no ser viable.

4.1.3 Alternativa de Otros Embalses

Se evaluó la alternativa de desarrollar otros embalses en lugares distintos a dónde se propone el Embalse Beatriz. El potencial de desarrollar embalses adicionales en la vecindad de Caguas y en la Región Este-Central fue evaluado en un estudio llevado a cabo en el 2005 por AFI (Gregory L. Morris Engineering, 2005). Dicho estudio examinó sitios potenciales para ubicar embalses en todo Puerto Rico, e identificó varios lugares potenciales para el desarrollo de nuevos embalses en el Municipio de Caguas y varios municipios cercanos, incluyendo el Embalse Beatriz propuesto como parte de la Alternativa Preferida. Estos lugares y sus características principales se resumen en la **Tabla 28**.

Tabla 28: Características de Embalses Considerados para suministro del Municipio de Caguas (GME, 2005).

Embalse	Rend. Seguro (mgd) _{c/}	Estructuras Impactadas	Área Lago (ha) _{d/}	Volumen (Mm ³) _{e/}		Sed. Anual (m ³) _{f/}	Media Vida (años) _{g/}
				Represa	Lago		
Beatriz _{a/}	13-14	0	56	1.2	8.0	12,000	300
Loíza (off) _{a/}	9.2	>100	7.3	0.3	3.0	8,000	210
Valenciano (off) _{a/}	10.9	26	170	0.17	6.0	35,000	90
Quebradillas _{b/}	3.3	0	36	0.12	6	15,700	200
San Lorenzo upper _{i/}	18	23	106	0.27	7	67,000	50
San Lorenzo lower _{i/}	28	28	139	0.78	10	102,000	50
Cayaguas _{b/}	7.5	22	123	0.74	13	14,000	440
Gurabo (on)	12.4	29	329	0.17	6	57,000	50
Gurabo (off)	19.8	55	310	0.27	14	18,000	560
Valenciano _{b/k/}	15	0	175	0.07	12.7	79,217	81

a/ Embalse fuera del cauce. La represa en la Quebrada Beatriz recibe agua desde el Río Turabo, y opera en conjunto con Quebrada de Las Quebradillas. Embalse fuera de cauce Loíza recibe agua del Río Loíza, Valenciano fuera de cauce recibe del Río Valenciano, y Gurabo consiste en embalse sobre Quebrada Arenas que puede recibir agua del Río Gurabo y del Río Valenciano.

b/ Embalse convencional (dentro del cauce) sobre Quebrada de Las Quebradillas.

c/ Rendimiento calculado dejando Q₉₉ en el río como flujo ambiental.

d/ Área superficial del lago.

e/ Represa=volumen de material para construir el muro. Lago=volumen total del lago lleno a capacidad. Todos son muros de tierra, excepto Valenciano y Quebradillas con un muro de hormigón.

f/ Tasa promedio anual de acumulación de sedimentos.

g/ Número de años que se requiere para perder la mitad del volumen del lago debido a la sedimentación, sin dragado u otras medidas de manejo.

h/ Rendimiento de sedimento actualizado utilizando datos del USGS estación 50056400.

i/ Sitios con poca viabilidad técnica

k/ Datos para este embalse han sido actualizados para incluir resultados de los estudios mas recientes contenidos en el documento ambiental de dicho proyecto (CSA, 2007)

A excepción del Embalse Beatriz, los embalses potenciales identificados en el estudio de GME y resumidos en la Tabla 27, se descartaron para suplir a Caguas debido a las razones que se presentan a continuación. El Embalse Beatriz, siendo parte de la Alternativa Preferida, se considera al final de esta sección:

1. Loíza fuera del cauce. En la **Figura 25** se compara el concepto del embalse convencional y el embalse fuera del cauce. La capacidad y el rendimiento seguro de este lugar serían limitados debido a la topografía llana del predio. Además, se impactaría en exceso de 100 estructuras, lo que resultaría en un impacto socio-económico significativo, además del alto costo de adquisición de las estructuras.
2. Valenciano fuera del cauce y Valenciano en el cauce. El embalse fuera de cauce fue descartado debido a su rendimiento limitado. El Embalse Valenciano en el cauce ha sido seleccionado por la AAA para servir el área de Juncos, Gurabo, y Las Piedras, y recientemente radicó la DIA-P para dicho proyecto. Por ende, este embalse no está disponible para mejorar los abastos de agua potable a la zona de Caguas.
3. Quebrada de Las Quebradillas. Este lugar se descartó debido a que tendría una capacidad limitada y un rendimiento seguro de solamente 3.3 mgd, lo cual no es adecuado para las demandas actuales y futuras del Municipio de Caguas.
4. San Lorenzo. Se evaluaron dos lugares en San Lorenzo pero ambos lugares presentan problemas técnicos de desarrollo potencial. Aunque resultaría en embalses de capacidad amplia, uno de los lugares ha sido parcialmente urbanizado. Ambos lugares se encuentran en una zona de alta erosión, lo que reduciría la media vida de los embalses (tiempo en años que toma al embalse perder la mitad de su capacidad debido a sedimentación) a menos de 50 años, y representa una limitación severa a su utilización. El sitio más cercano a San Lorenzo enfrenta un problema técnico asociado con la permeabilidad de la formación geológica, y el sitio donde ubicaría la represa también ha sido severamente impactado por la extracción de material de corteza terrestre.
5. Cayaguás. Este lugar resultaría en un rendimiento seguro de solamente 7.5 mgd, lo que es mucho menor que las necesidades futuras del Municipio de Caguas. Su ubicación remota en San Lorenzo requeriría líneas de transmisión extensas hasta la zona urbana de Caguas.

6. Gurabo en y fuera del cauce. Estos dos lugares fueron descartados por varias razones. Se encuentran distantes de la zona urbana de Caguas. El embalse en el cauce de Río Gurabo tendría una media vida de solamente 50 años, lo cual representa un problema de sedimentación severa. El lugar fuera del cauce inundaría un área muy extensa, afectando un número sustancial de estructuras y terrenos de alto valor agrícola, y ocupa una zona de expansión urbana.

4.1.4 Alternativa de Utilización de Agua Subterránea

La alternativa de utilizar agua subterránea fue descartada debido a que en la zona no existen abastos subterráneos sustanciales. Estudios de los acuíferos en la zona de Caguas fueron llevados a cabo anteriormente por el USGS (Puig et. al. 1989, Puig y Rodríguez 1993, Rodríguez y Puig 1996, Gómez-Gómez et. al. 2001). Estos estudios concluyen que la disponibilidad de agua subterránea es limitada, especialmente en la cercanía a la zona urbana de Caguas. Además, algunos pozos en el área han sido clausurados debido a contaminación química (Bairoa).

4.1.5 Alternativa de Transferencia de Agua de Otras Zonas

Se examinó la alternativa de aumentar las transferencias de agua de otras zonas o regiones hacia la zona urbana de Caguas. Actualmente Caguas se suple en parte por transferencias desde los municipios de Cayey, San Lorenzo, San Juan, y Cidra. La transferencia mayor es de 5.9 mgd, y proviene del área metropolitana de San Juan a través de una estación de bombeo en el sector La Muda. Esta alternativa se descartó debido a que no existen recursos de agua adicionales en ninguna de las regiones o municipios adyacentes para aumentar las transferencias hacia Caguas. El desarrollo de abastos de agua adicionales en otras regiones, tales como la Norte o Este, conllevaría la construcción de embalses adicionales no contemplados en el Plan de Mejoras Capitales de la AAA. La AAA ha evaluado el potencial de construir un embalse en el Río Grande de Manatí cerca de Ciales con un rendimiento seguro de hasta 72 mgd (GME, 2005), lo cual permitiría transferencias adicionales a la zona de Caguas, pero este proyecto tomará más de 10 años en realizarse si se dispone de los fondos y si las condiciones sociales y ambientales permiten su construcción.

4.1.6 Alternativa de Conservación del Agua

La alternativa de conservación del agua se fundamenta en reducir el consumo de agua por los residentes de Caguas. La conservación de agua incluye medidas tales como:

- La instalación de artefactos de plomería que utilizan menos agua, como son inodoros de 6 L (1.6 galones) y duchas de 7.6 L por minuto (2.0 gpm);
- Cambios en hábitos de no utilizar cantidades excesivas del agua, como limpiar las aceras utilizando una escoba en vez de agua, y no dejar el grifo del agua abierto mientras se afeita o friega los platos;
- Reparación de salideros dentro de la casa, como inodoros o fregaderos que gotean.

Los aumentos en los precios del agua experimentados durante el último año tienen el efecto de promover la conservación de parte de los usuarios, y se considera como una manera efectiva de promover la conservación del recurso.

Una demostración en escala limitada de re-emplazo de equipos de plomería convencionales (inodoro, ducha, grifos) con equipos conservador del agua redujo el consumo por 25% en residencias en Naguabo (GME, 2000). Existe legislación federal y local que requiere la instalación de estos equipos en estructuras nuevas. Sin embargo, se espera que el efecto al largo plazo de esta medida sea de frenar el aumento en demanda de agua, en vez de reducirlo a niveles inferiores de lo actual. Por lo tanto, esta alternativa por sí sola no resulta suficiente para satisfacer las necesidades actuales y proyectadas para agua potable en Caguas.

4.1.7 Alternativa de Control de Agua No-Contabilizada

Se estima que la cantidad de agua no-contabilizada en los sistemas de distribución de la AAA es de aproximadamente el 50% de la producción. En las proyecciones de demanda y necesidad de producción de agua presentada en las Secciones 3.4 y 3.5 de este documento, se indicó que una parte significativa del agua no-contabilizada consiste en agua entregada a usuarios pero no registrada en el sistema comercial de la AAA. Esta “perdida comercial” incluye el robo de agua, las cuentas por “cargo fijo” que carecen de

metros, y el agua vertida por los hidrantes de fuego. El único componente del agua no-contabilizada que puede aumentar la disponibilidad de agua para los usuarios es por medio del control de las “pérdidas físicas”. Sin embargo, según se demostró en el balance de aguas para Caguas presentado anteriormente en la **Tabla 24**, el control de las pérdidas físicas por sí sólo no es suficiente para satisfacer las necesidades anticipadas. De hecho, las proyecciones en la **Tabla 24** demuestran que se requiere el control de pérdidas físicas en conjunto con el proyecto propuesto para satisfacer las necesidades de agua en Caguas.

La AAA lleva a cabo al momento estudios pilotos para identificar y probar en el campo estrategias de reducción de pérdidas tanto físicas como comerciales en sus sistemas, con el objetivo de reducir la cantidad de agua no-contabilizada a un 20-25% de la producción en los próximos 10 años.

4.1.8 Alternativa de Reutilización de Agua

La alternativa de reutilización del agua incluye la reutilización directo e indirecto de las aguas sanitarias domésticas, comerciales e industriales. La reutilización directa conlleva purificar las aguas sanitarias de modo que cumplan con los estándares del Departamento de Salud y la EPA para agua potable. El reuso directo no es permitido en estos momentos por la EPA y el Departamento de Salud debido a la incertidumbre de la remoción de virus y compuestos químicos en las aguas sanitarias, por lo cual esta opción dentro de esta alternativa fue descartada. No existe oportunidad en el futuro inmediato de que esto ocurra en Puerto Rico.

Por otro lado, actualmente en la Isla se reutilizan indirectamente las aguas sanitarias tratadas, particularmente en la cuenca del Río Grande de Loíza, donde el efluente de las plantas sanitarias en San Lorenzo, Juncos, Gurabo, Aguas Buenas, y Caguas, descargan a ríos tributarios al Embalse Carraízo, desde donde parte del agua fluye hasta la PF Sergio Cuevas en Trujillo Alto. Esta alternativa de reutilización no es práctica para las necesidades de la zona de Caguas urbano, pues las aguas que se reutilizan en Sergio Cuevas suplen primordialmente a Carolina y Trujillo Alto y no a Caguas, por lo que la alternativa fue descartada.

4.1.9 Alternativa Propuesta (Preferida) del Embalse Beatriz

La alternativa propuesta y preferida por la AAA es la construcción del Embalse Beatriz y la infraestructura de apoyo a dicho embalse. Como se detalla en la Sección 1.1, los elementos del Proyecto en la alternativa preferida incluirán:

1. Tomas de agua cruda en el Río Turabo;
2. Utilización de la toma existente en la Quebrada de Las Quebradillas;
3. Tuberías o túnel de agua cruda desde las tomas indicadas hasta el Embalse Beatriz;
4. La represa que formará el Embalse Beatriz;
5. Tuberías y estación de bombeo para conducir el agua cruda desde el Embalse hasta una nueva planta de filtración;
6. La nueva planta de filtración;
7. Dos nuevos tanques de almacenamiento con capacidad de 3.5 millones de galones (MG) cada uno;
8. Tuberías hasta puntos de interconexión al sistema de distribución de agua potable existente en la zona de Caguas urbano.

Las ventajas de la Alternativa Preferida son las siguientes:

1. Aumento en el rendimiento seguro del sistema de abasto de agua potable que suple a Caguas para proveer de 13 a 14 mgd. Este aumento en el caudal de agua potable es mayor que cualquiera de las otras alternativas evaluadas anteriormente, por lo que representa una solución más efectiva para aumentar los abastos de agua potable a Caguas.
2. Construcción del Embalse Beatriz fuera del cauce de ríos principales, sobre la Quebrada Beatriz, alimentado principalmente del Río Turabo, lo que reducirá su tasa de sedimentación significativamente, resultando en una media vida de 300 años (GME, 2005). Esto resultará en una fuente de agua a largo plazo confiable y segura, así como economías significativas a la AAA a largo plazo, al mantener el

embalse su vida útil por varios siglos, sin que sea necesario dragarlo. Además, el volumen de dragado es muy reducida.

3. Sistema que funcionará principalmente por gravedad, pues las tomas de agua que alimentarán el Embalse Beatriz se encuentran a elevaciones mayores que la represa propuesta, y desde esa represa el agua fluirá también por gravedad hasta la nueva PF.
4. Impactos ambientales son relativamente mínimos en comparación con otras obras de magnitud similar. Los impactos mayores serán la utilización de los terrenos para el Embalse. Sin embargo, en los terrenos no existen residencias que se afecten, por lo que su impacto social es mínimo.
5. El predio no presenta condiciones geotécnicas que impidan o limiten su construcción, lo que resultará en un proyecto más económico en comparación con otros lugares considerados para la construcción de embalses.

Las desventajas de la Alternativa Preferida son las siguientes:

1. Utilización para el futuro previsible de los predios donde se construirán el embalse, la nueva PF, y los tanques de almacenamiento. Estos terrenos tienen cierto valor agrícola y un potencial alto para ser urbanizados en ausencia del Embalse. El uso propuesto eliminará toda posibilidad de utilizarlos con estos propósitos alternos.
2. Impactos ambientales significativos a la corteza terrestre, incluyendo la flora y fauna, de los predios a utilizarse. No se afectarán especies en peligro de extinción directamente, pero eliminará un hábitat cercano a zonas donde se han avistado individuos de la Paloma Sabanera. Como parte del Plan Integral de Mitigación se propone la creación y mejoramiento de habitáculos en los alrededores del Proyecto.
3. Impactos directos a 13 cuerdas de humedales en la zona del Embalse. El Plan Integral de Mitigación también pretende consolidar los esfuerzos de mitigación por impactos a humedales que no puedan ser evitados.

Las ventajas de la Alternativa Preferida sobrepasan las desventajas, y representan la mejor solución a corto plazo para aumentar los abastos de agua potable a Caguas urbano.

4.2 COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EVALUADAS

Las alternativas evaluadas en las secciones anteriores se resumen en la **Tabla 29** y luego se presenta una breve discusión de las observaciones resumidas en la tabla.

Tabla 29: Alternativas para Aumentar el Rendimiento de Agua para Caguas.

Alternativa	Viabilidad Técnica ^{a/}	Sostenible	Impacto Ambiental	Notas
1. Tomas nuevas en ríos	NO	--	--	<u>b/</u>
2. Embalses				
Embalses convencionales	SI	Depende	Alta	<u>c/</u>
Embalse fuera de cauce	SI	SI	Mediana	<u>d/</u>
3. Agua subterránea	NO	--	--	
4. Transferencia de agua	NO	--	--	
5. Conservación del agua	SI	SI	Favorable	<u>b/</u>
6. Control de Pérdidas	SI	SI	Favorable	<u>d/</u>
7. Re-utilización del agua	NO	SI	Favorable	<u>b/</u>

a/ Viabilidad de aumentar fuentes de abasto con caudales suficientes para proveer el abasto necesario para Caguas.

b/ Se considera que esta medida ya está implementado.

c/ No todos los embalses convencionales identificados son factibles. La sustentabilidad depende principalmente del control de la sedimentación, lo cual varía de un lugar a otro.

d/ Componentes seleccionados a implantar.

El análisis comparativo de las alternativas evaluadas en las Secciones 4.1.1 a la 4.1.9, así como en la **Tabla 29**, permiten concluir que la Alternativa Preferida por la AAA es la más favorable desde los puntos de vista ambientales, económicos y sociales para proveer abastos de agua adicionales a Caguas.

4.3 CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO EN LA ALTERNATIVA PREFERIDA

Existen varias configuraciones potenciales para el desarrollo de la Alternativa Preferida que incluye al Embalse Beatriz. Estas configuraciones incluyen:

- Variaciones en el sitio de ubicación de la represa y en su elevación (nivel del vertedor y del tope de la represa);
- Represar solamente la Quebrada Beatriz;
- Añadir el flujo del Río Turabo al Embalse;
- Añadir el flujo de la Quebrada de las Quebradillas al Embalse;
- Construcción de una tubería o un túnel desde la toma del Río Turabo hasta el Embalse;
- Construcción de una nueva planta de filtración o la expansión de la planta existente en Las Quebradillas; y
- Ubicación de líneas de transmisión y tanques;

A continuación se presenta una breve descripción de las consideraciones evaluadas para seleccionar la configuración en la Alternativa Preferida. Estas consideraciones se derivaron primordialmente de los análisis de datos históricos de flujos para estimar el rendimiento seguro de las fuentes potenciales de agua superficiales que utilizará el Proyecto. Estos análisis permitieron estimar el rendimiento seguro del Proyecto para distintas configuraciones. La gráfica resumiendo esta relación se presenta en la **Figura 27** y el análisis se detalla en el **Apéndice B**. Los análisis permitieron derivar las siguientes conclusiones:

- El rendimiento seguro del Embalse alimentado solamente por la Quebrada Beatriz sería de 5.7 mgd.
- El rendimiento seguro del embalse alimentado por parte del flujo del Río Turabo y por la Quebrada Beatriz solamente, sería de 11.0 a 11.6 mgd dependiendo de la

alternativa de aducción que se seleccione del Río Turabo, tubería o túnel, respectivamente.

- El rendimiento seguro del Proyecto compuesto del Embalse, alimentado por la Quebrada Beatriz y el Río Turabo, y la contribución a la PF de la Quebrada de Las Quebradillas, sería de 13.0 a 14.0 mgd, dependiendo de la alternativa de aducción que se seleccione del Río Turabo, tubería o túnel, respectivamente.
- La extracción de agua de una toma en el Río Turabo hasta el Embalse puede llevarse a cabo por medio de una tubería de 54 pulgadas de diámetro con una longitud de 5.7 kilómetros. El agua también puede llevarse desde el Río Turabo al Embalse por un túnel con un diámetro de aproximadamente 8-10 pies y una longitud de aproximadamente 3.1 kilómetros. El túnel podría ubicarse en un punto en el Río Turabo que permita una extracción mayor de agua, lo que aumentaría el rendimiento seguro en aproximadamente 0.5. La decisión final entre la tubería o el túnel se llevará a cabo por la AAA durante la fase del diseño final del Proyecto al considerar el costo, y elementos de ingeniería e impactos ambientales para ambas alternativas.
- La ubicación de la represa que formará el Embalse Beatriz se derivó de un análisis de varias localizaciones alternas en la cuenca de la Quebrada Beatriz. El lugar seleccionado resultará en el volumen mayor de almacenaje con el tamaño menor de la represa. En el lugar seleccionado se producirá un volumen útil de almacenaje de 7.4 millones de metros cúbicos (Mm^3), en adición a una “zona muerta” para la acumulación de sedimentos de $0.6 Mm^3$, la cual no estará disponible para extracciones de agua por estar a una menor elevación que el nivel de la toma de agua más bajo. La represa que formará el Embalse en el lugar seleccionado tendrá un volumen de $1.2 Mm^3$.
- El diseño y construcción de la represa se llevará a cabo con material excavado del área a ser inundada por el lago, lo que minimiza los impactos ambientales y maximiza el volumen para almacenar agua.

- El nivel máximo del Embalse, y por ende su volumen, está limitado por la elevación máxima de la toma de aproximadamente 160 metros en el área inmediatamente aguas abajo de la confluencia del Río Turabo con una quebrada sin nombre, la cual contribuye flujo significativo que se desea capturar. Otro factor limitante es la altura de cerro al lado sureste del Embalse, donde se requiere la ubicación de una pequeña represa auxiliar para elevar su nivel
- Se seleccionó una represa de tierra debido a las condiciones geológicas del lugar seleccionado. No existen rocas a poca profundidad en las cuales se pudieran construir las fundaciones para una represa en concreto.
- En el diseño de la represa es necesario proveer para descargar el flujo de crecidas extremas sin desbordar sobre la estructura de la represa. Mediante simulaciones hidrológicas-hidráulicas de alternativas de altura de la represa y tamaño del vertedor hidráulico por donde se descargan las aguas de las crecidas, se escogió una borde libre de 2.0 a 3.0 m de altura sobre el nivel normal del lago para almacenar temporalmente la crecida máxima probable, junto con un vertedor tipo laberinto y un canal en concreto. Existen varias alternativas de ancho del vertedor con capacidades de flujo entre 574 y 655 m³/s (20,000 a 23,000 pies³/s). La configuración final será seleccionada en la etapa de diseño final y luego de llevar a cabo la modelación física de la estructura. Se anticipa que la configuración del vertedor será modificada en la etapa del diseño final para lograr una reducción sustancial en su costo, en base a los resultados de la modelación física porque será una estructura no-estándar. La modelación física es un proceso común en el diseño de vertedores hidráulicos en represas.
- Las rutas de las tuberías fueron escogidas para minimizar los impactos a los caminos, estructuras y otra infraestructura. Las rutas de tuberías también se ubicaron lo más alejado posible de áreas de humedales y otros cuerpos de agua en la zona. Se propone utilizar al máximo posible las servidumbres existentes en las carreteras de la zona. Sin embargo, una inspección de toda la ruta reveló que en ciertos tramos de las carreteras existe muy poco espacio para la ubicación de las tuberías debido a la cercanía al Río Turabo y otras quebradas, así como la

presencia de otra infraestructura. La ruta propuesta en esta DIA-P es preliminar dentro de una franja de aproximadamente 25 m de ancho. La selección de la ruta precisa se llevará a cabo como parte de los trabajos de diseño final del Proyecto.

- También se evaluó la alternativa de conducir el agua desde el Río Turabo hasta el Embalse mediante un túnel. Este túnel se construiría en línea recta entre los dos puntos con una longitud de aproximadamente 3.1 km. El análisis incluyó un estudio de viabilidad del túnel por la firma Jacobs Associates (**Apéndice S**), el cual indicó que esta opción es viable. Se evaluaron ambas alternativas (tubería y túnel) desde el punto de vista de impactos a los recursos naturales de la zona, incluyendo impactos a aguas jurisdiccionales, impactos a ecosistemas terrestres, relocalización de estructuras, ruido durante la construcción, impactos al tránsito durante la construcción; impactos a las aguas subterráneas; movimiento de terreno y control de erosión, y manejo de desperdicios sólidos. Este análisis se presenta en detalle en la Sección 6.0 de este documento. En la **Tabla 29** se presenta un resumen de algunos de los factores evaluados para las alternativas de aducción de agua cruda desde la toma en el Río Turabo hasta el Embalse.

Tabla 30. Alternativas para Transmitir Agua Cruda de la Toma hasta el Embalse

Alternativa	Viabilidad Técnica	Sostenible	Impacto Ambiental	Costo
1. Tuberías de Aducción	SI	--	Alto	Mediano
2. Túnel de Aducción	SI	SI	Favorable	Alto

- La PF Caguas Sur cuenta con espacio limitado para expandirla de modo que tenga la capacidad de producir hasta 14 mgd. Es posible en el espacio disponible instalar equipo compacto que provea el tratamiento de purificación necesario. Sin embargo, esta alternativa presenta algunas limitaciones que se enumeran a continuación:
 - Las facilidades estarían comprimidas en muy poco espacio lo que resultaría incómodo para la operación de la planta. La operación eficiente

de la planta existente podría afectarse durante la expansión. Además, el costo de construcción aumenta al tener que adaptar el diseño al limitado espacio disponible.

- No existe un lugar adecuado para ubicar en el mismo predio los dos tanques de almacenaje de agua potable aguas abajo de la planta existente y así tomar ventaja de la gravedad. Sería necesario ubicar los tanques en lugares distintos, lo que aumentaría la complejidad del sistema. Además no hay espacio en las vías de acceso para acomodar nuevas líneas de tuberías de agua potable y cruda por lo que sería necesario buscar rutas alternas, que debido a lo escarpado de los terrenos aledaños incrementa los costos y, potencialmente, los impactos ambientales para esta alternativa.
- Algunas estructuras de la planta existente tienen más de cincuenta (50) años en operación.
- El diseño y construcción de una nueva PF sería más eficiente y a largo plazo más económico que expandir la planta existente. La nueva planta tendría una capacidad de 14 mgd y ocuparía un área de aproximadamente 11 cuerdas. Los impactos ambientales de la nueva planta serían relacionados primordialmente al cambio en uso de los terrenos y las actividades durante su construcción (polvo fugitivo, niveles de ruido, aumento nivel de tránsito).
- Se identificaron varias alternativas para la ubicación de los dos tanques de almacenaje de agua potable recomendados en el estudio de transmisión (CSA, 2005). Dicho estudio especificó la ubicación de los tanques en un predio cuya elevación permita optimizar el flujo por gravedad desde la nueva PF hacia el área de servicio. Esto contribuirá a minimizar los impactos a la infraestructura de transmisión de agua existente y a minimizar el costo de construcción y operación. El área necesaria con la elevación requerida es una sustancial dada la capacidad de los tanques propuestos (3.5 MG cada uno). Esta situación minimiza las posibles localizaciones para los tanques. La evaluación de los predios potenciales incluyó la parcela donde ubican los tanques existentes cercanos a la

PF Caguas Sur. La misma concluye que aún removiendo los tanques existentes en el lugar, el espacio disponible es suficiente para solamente uno de los dos nuevos tanques propuestos.

- Bajo la alternativa de la construcción de una planta nueva, el área propuesta para ésta contiene suficiente área con la elevación requerida para la ubicación de los dos tanques de 3.5 MG propuestos. La decisión final del predio donde ubicarán los tanques requiere una evaluación geotécnica de los tres predios identificados, la cual se completará como parte del diseño final.
- El diseño del Embalse Beatriz fuera del cauce de ríos principales promete que servirá como una fuente de abasto permanente. Aunque la tasa de sedimentación será mínima, se debe programar su dragado parcial en aproximadamente 150 años. Esto requerirá un predio para la disposición de los sedimentos dragados del Embalse. Debido a este factor, el plan de adquisición de terrenos para el Embalse incluyó el remanente de la finca entre el embalse propuesto y la Quebrada, de modo que se reserve espacio para disponer de los sedimentos. En vista de que el lugar donde se propone ubicar el Embalse es un área en el límite de la zona de expansión de la zona urbana de Caguas, se puede anticipar la urbanización futura de este predio de no adquirirlo ahora.

4.4 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA ALTERNATIVA PREFERIDA

Tomando en cuenta los factores y alternativas presentados en la sección anterior, la Alternativa Preferida se desarrollaría incluyendo los detalles descritos en esta sección.

4.4.1 Resumen de Componentes del Proyecto

El Proyecto consistirá de los siguientes elementos, los cuales se ilustran en la **Figura 1**.

- Toma de agua cruda en el Río Turabo lo cual incluya un vertedor hidráulico en el cauce del río y otro vertedor a la entrada del sistema de transmisión (tubería o túnel), ambos operado por gravedad ;

- Túnel de transmisión con un diámetro entre 8 y 10 pies y una longitud de aproximadamente 3.1 km, ó tubería con un diámetro de 54 pulgadas y una longitud de 5.7 km desde la toma hasta el Embalse. Ambos funcionarían por gravedad. La decisión final entre la tubería y el túnel se determinará en base al costo, consideraciones de ingeniería e impactos ambientales;
- Línea de transmisión de agua cruda para conectar con la toma existente en la Quebrada de Las Quebradillas, la cual no será modificada. Esta línea de transmisión podría conectarse directamente con la nueva PF o con el Embalse, y requiere de una estación de bombeo según descrito a continuación. Se aprovechará de tramos existentes de tuberías que van desde la toma en la Quebrada de Las Quebradillas hasta la PF Caguas Sur y desde aquí hasta la Carretera PR-1, según descrito en la **Sección 1.1**.
- Represa construída de tierra para formar el Embalse Beatriz, con una altura de 36 metros y una capacidad total de 8.0 Mm³ (7.4 Mm³ utilizable), ubicada en la Quebrada Beatriz;
- El Proyecto incluye la construcción de una estación de bombas de agua cruda. En esta estación se unirán las aguas crudas del embalse propuesto y de la toma de la Quebrada de Las Quebradillas. Esta estación de bombas suplirá el agua cruda a la PF propuesta por medio de una tubería de 30 pulgadas de diámetro.;
- Una nueva PF con capacidad para tratar hasta 14 mgd;
- Dos tanques de almacenaje de agua potable con una capacidad de 3.5 MG cada uno a ubicarse en la planta propuesta;
- Línea de transmisión con un diámetro de 36 pulgadas y 3.5 km de longitud para conducir el agua potable desde la nueva PF hasta el punto de interconexión con la red de distribución de Caguas urbano.

4.5 DETALLES DE LOS COMPONENTES DE LA ACCIÓN PROPUESTA

Esta sección contiene una descripción detallada de los componentes del Proyecto según descritos en la Alternativa Preferida.

4.5.1 Toma en el Río Turabo

El lugar seleccionado para la toma es el sitio más cercano al Embalse que provee un caudal adecuado y la elevación hidráulica necesaria para que el agua fluya por gravedad. El lugar propuesto está ubicado a una altura de aproximadamente 160 metros snm y unos 300 m aguas arriba de la estación de aforo número 50053025 operada por el USGS en el Río Turabo. La **Figura 26** presenta un diagrama esquemático de la estructura de la toma a construirse en el cauce del Río Turabo.

El diseño de la toma incluye dos vertedores hidráulicos que permitan mantener el flujo mínimo requerido por el DRNA en el Río Turabo aguas abajo de la toma, sin recurrir a la operación de una compuerta mecánica. Uno de los vertedores es en forma de “V” en el río, cuya invertida es más baja que el segundo vertedor de laberinto, el cual desbordará agua hacia el Embalse Beatriz. El diseño de la estructura no permitirá flujo alguno hacia el Embalse a menos que el flujo en el río sea mayor que el flujo mínimo establecido por el DRNA. Sin embargo, una vez este nivel mínimo se supere, la mayor parte del flujo será desviado hacia el Embalse.

El vertedor laberinto tiene otro propósito además del control del flujo. El tanque para este vertedor atraparán sedimentos gruesos que de otro modo podrían entrar a la tubería de transmisión al Embalse. La toma en el vertedor de laberinto estará equipada con compuertas que permitan su cierre en anticipación de un huracán, o para llevar a cabo trabajos de mantenimiento.

4.5.2 Transmisión de Agua Cruda hasta el Embalse

En esta sección se presentan detalles de las dos alternativas para conducir el agua cruda desde la toma en el Río Turabo hasta el Embalse (tubería y túnel). Ambas alternativas fueron analizadas desde el punto de vista de viabilidad técnica, impactos al ambiente, y

costo-efectividad. La decisión de cual alternativa utilizar será determinada por la AAA tomando en consideración los factores antes mencionados.

4.5.2.1 Línea de Agua Cruda Aguas Arriba del Embalse

La línea de agua cruda tendría un diámetro de 54 pulgadas y una longitud de 5.7 km desde la toma hasta el Embalse, siguiendo la ruta señalada en la **Figura 1**. La ubicación de la toma y la ruta de la tubería fueron determinadas por la necesidad de mantener el flujo por gravedad, y para minimizar los impactos a las estructuras existentes (residencias), a los humedales en la zona, y a áreas ecológicamente sensitivas. El tope de los tubos estarán soterrados aproximadamente 1 metro (3 pies) por debajo de la superficie del terreno. La tubería funcionará por gravedad pero con presiones máxima de aproximadamente 55 libras fuerza por pulgada cuadrada, similar a la presión en las líneas de transmisión de agua potable.

Para conducir el agua cruda desde la toma en la Quebrada de Las Quebradillas hasta la nueva PF, será instalado un tramo de tubería a lo largo de la PR-1 para conectar con la estación de bombeo nuevo. Actualmente esta toma sufre la PF Caguas Sur y la toma no será modificada para el proyecto propuesto. En la instalación se aprovecharán tramos existentes de tuberías, que van desde la toma en la Quebrada de Las Quebradillas hasta la PF Caguas Sur y desde aquí hasta la Carretera PR-1. En este punto se conectará con la tubería que transporta agua desde la Quebrada Beatriz hasta la PF Caguas Sur por la Carretera PR-785. A partir de la intersección de la Carretera PR-785 y PR-1 se construirá un tramo nuevo de tubería que discurrirá por campo traviesa hasta llegar a la nueva estación de bombeo. Para la instalación de dichas tuberías será necesaria la construcción de un túnel de 7 a 8 pies de diámetro y una longitud aproximada de 100 metros, el cual albergaría las tuberías en el área en que cruce la carretera PR #765. Este túnel se hace a fin de obtener la profundidad necesaria para mantener el gradiente hidráulico y minimizar el impacto de la construcción en la carretera.

4.5.2.2 Túnel de Agua Cruda Aguas Arriba del Embalse

El túnel considerado como alternativa a la tubería desde el Río Turabo hasta el Embalse Beatriz tendría un largo aproximado de 3.1 km y discurriría en línea recta desde el lugar de la toma propuesta hasta el Embalse. Los diámetros de construcción más costo-efectivos son entre 8 a 10 pies. Una vista de planta y un perfil del túnel se ilustran en la **Figura 35**. Los impactos ambientales del túnel se limitarían al punto en la toma en el Río Turabo y en el punto de descarga en el Embalse. Detalles del diseño conceptual del túnel se incluyen en el estudio de viabilidad del túnel en el estudio "*Tunnel Feasibility Evaluation*", preparado por Jacob Associates (4 de mayo del 2007, **Apéndice S**).

4.5.3 Represa en la Quebrada Beatriz que Formará el Embalse Beatriz

La represa propuesta para formar el Embalse Beatriz estará ubicada en la Quebrada Beatriz, aproximadamente a 6.0 km al suroeste del centro urbano de Caguas, y a 2.2 km aguas arriba de la confluencia de dicha quebrada con el Río Turabo (**Figura 1**). El nivel de agua cuando el Embalse esté lleno (operación normal) será de 153 m snm. El área superficial del Embalse será de aproximadamente 145 cuerdas, a esta elevación. La capacidad utilizable de 7.4 Mm³ (1,950 millones de galones) será equivalente a un abasto de 140 días al flujo de diseño de 14 mgd de la nueva PF, sin que entre al sistema agua adicional.

Estudios geológicos y geotécnicos preliminares en el predio donde ubicará la represa establecen que no existe una falla activa que pudiera representar un riesgo a la seguridad de la estructura (**Apéndice T**). La represa será construída en tierra con la elevación de la cresta en 156 m, lo cual es de 36 m (118 pies) sobre el nivel de la Quebrada Beatriz. El ancho de la cresta del muro que formará la represa será de 10 m (33 pies), y de 198 m (650 pies) en su base. Las pendientes aguas arriba y aguas abajo del terraplén serán de 3 unidades horizontales por cada unidad vertical (3H:1V), y de 2.5H:1V respectivamente, según el diseño preliminar. Estos estudios geológicos y geotécnicos preliminares también establecen que la resistencia de los materiales a colocarse y la resistencia del material natural debajo de la huella de la represa, indican

que la misma podrá mantener su estabilidad aún durante eventos sísmicos extremos, según definido en el **Apéndice T**. Estas características de la represa pudieran cambiar al llevar a cabo los estudios geotécnicos y análisis estructurales adicionales que conlleva el diseño final.

El terraplén consistirá de una capa de arcilla central impermeable construida con arcillas residuales y limo arcilloso. Estos materiales se excavarán de depósitos naturales aguas arriba de donde ubicará la represa. Las porciones externas del terraplén se construirán con relleno depositado al azar que consistirá de suelos residuales menos desgastados, rocas parcialmente desgastadas y roca obtenida del interior de los límites del Embalse. Los drenajes de chimenea y las salidas se instalarán a lo largo aguas abajo del lado del centro de arcilla y los cimientos de la represa, respectivamente, para mejorar el control interno del flujo subterráneo. Un canal de drenaje se ubicará al pie del terraplén.

Se instalará una capa de arcilla con un espesor de un (1) metro (3 pies) en el fondo del Embalse por una distancia aún no determinada aguas arriba del pie del terraplén en la porción central de la represa. Esta capa tendrá el propósito de minimizar la filtración por debajo de la estructura. La preparación del fondo del Embalse aguas arriba de la represa incluirá la remoción de la capa vegetal y material no aceptable, y la preparación de la parte superior (1 m ó 3 pies) con arcillas residuales para limitar el potencial de discontinuidad en las arcillas. La capa de arcilla también se extenderá a lo largo de los límites de las pendientes de la represa para limitar el flujo subterráneo en los amarres laterales.

La represa ha sido designada como "Categoría I". Las presas clasificadas como Categoría I son aquellas que si se operan de forma inapropiada o de ocurrir alguna falla, podrían resultar en pérdida de vida humana. Las presas clasificadas Categoría I se diseñan y se construyen bajo los estándares más altos requeridos por la reglamentación de seguridad de presas.

Uno de los mayores riesgos en un embalse es el desbordamiento debido a lluvias extremas. Por ende, el Embalse estará diseñado con un sistema de vertedor con capacidad para manejar la crecida máxima resultante de una Precipitación Máxima

Probable (PMP) en la zona del Proyecto, la cual es de 42.5 pulgadas (1,080 mm) en 24 horas (Technical Paper Num. 42, U.S. Dept. of Commerce, 1961). Esta lluvia de diseño es tres veces mayor que la lluvia de 100-años en la misma área, la cual es de 330 mm (13 pulgadas) en 24 horas, y representa un estimado de la lluvia máxima que puede ocurrir en el sitio durante las condiciones más extremas (la “tormenta perfecta”). De esta manera se garantiza la seguridad de la represa aún si ocurre una lluvia catastrófica. La descarga máxima de diseño será de 574 a 655 m³/s (20,000 a 23,000 pies³/s), dependiendo en la configuración seleccionado para el vertedor en el proceso del diseño final.

4.5.4 Línea de Agua Cruda Aguas Abajo del Embalse

Se instalará una línea de transmisión de agua cruda aguas abajo del Embalse, con un diámetro de 42 pulgadas y una longitud de 0.45 km, construida en hormigón y acero. Esta línea de transmisión conducirá el agua cruda hasta la nueva planta de filtración. La ruta de la línea se ilustra en la **Figura 1**.

4.5.5 Estación de Bombeo de Agua Cruda en la Nueva Planta de Filtración

El Proyecto requiere que se construya una nueva estación de bombeo para suplir el agua cruda a la nueva PF. La estación de bombeo recibirá el agua cruda proveniente por gravedad desde el Embalse Beatriz, así como el agua cruda proveniente también por gravedad de la toma en la Quebrada de las Quebradillas. Desde esta estación se bombeará el agua de ambas fuentes a la nueva PF. La estación de bombeo contará con cinco (5) bombas operando en paralelo con capacidad individual de 2,500 gpm. Cuatro (4) de las bombas operarán simultáneamente, resultando en una capacidad de bombeo de 14.4 mgd, mientras la quinta se rotará para proveer redundancia y mantenimiento preventivo. La estación de bombeo estará equipada con un generador de emergencia con capacidad de 500 Kw.

4.5.6 Planta de Filtración

Se propone la construcción de una nueva PF con capacidad de potabilizar hasta 14 mgd. Esta nueva planta sustituirá la PF Caguas Sur.

La nueva planta incluirá módulos para llevar a cabo los procesos requeridos por las reglamentaciones del Departamento de salud y la U.S. EPA para potabilizar el agua cruda que reciba, incluyendo aireación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. La planta incluirá procesos para remover patógenos biológicos incluyendo *Cryptosporidium*, *Giardia*, virus y otros contaminantes reglamentados.

Los cienos generados durante el proceso de purificación serán inicialmente espesados y posteriormente secados. El lodo seco, el cual consiste en los sedimentos del río, será transportado a un relleno sanitario aprobado por la JCA. La producción de cienos en la nueva planta de filtración será mínima, ya aproximadamente 80% del agua cruda será suplida a la planta provendrá del Embalse Beatriz, por lo que su concentración de sedimentos suspendidos será mínima. Excepto durante crecientes, las aguas provenientes de la Quebrada de las Quebradillas generalmente contiene concentraciones muy bajas de sedimentos suspendidos. Durante crecidas de dicha Quebrada, se podrá cerrar dicha toma y filtrar solamente agua del Embalse. Por ende, se anticipa una producción de cienos en la nueva PF que no excederá media tonelada por día (en base a una producción de 14 mgd y una concentración promedio de 25 miligramos por litro de sedimentos suspendidos en el agua cruda, lo que es típico de aguas provenientes de embalses).

4.5.7 Tanques de Almacenaje de Agua Potable

Como se indicara anteriormente, los dos (2) tanques de almacenaje de agua potable con capacidad de 3.5 MG cada uno, se ubicarán en los predios de la nueva planta de filtración. (**Figura 1**). Cada tanque tendrá un diámetro de aproximadamente 45 m (148 pies).

4.5.8 Línea de Agua Potable

El agua potabilizada en la nueva PF suplirá al sistema de distribución de Caguas urbano mediante una línea de transmisión en hormigón y acero con un diámetro de 36 pulgadas y una longitud de aproximadamente 3.1 km. Esta línea discurrirá desde la

nueva PF hasta un punto de interconexión al sistema existente en el puente de la PR-52 sobre la PR-1. La ruta de la línea de interconexión se ilustra en la **Figura 1**.

5. PERMISOS Y REQUERIMIENTOS REGLAMENTARIOS

Esta sección contiene una descripción de los permisos, autorizaciones y endosos federales y estatales necesarios para la construcción y operación del Proyecto según propuesto y descrito en la Sección 1.1 y la Sección 4.0. El **Apéndice P** incluye las comunicaciones recibidas de algunas de las agencias consultadas durante la redacción de este documento.

5.1 AGENCIAS FEDERALES

5.1.1 Agencia Protección Ambiental (EPA)

Permiso NPDES Federal para Actividades de Construcción. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) requiere un permiso para descargas de escorrentía pluvial para actividades de construcción que afecten un (1) acre o más. El 10 de marzo del 2003, entraron en vigor nuevas reglamnetaciones que extienden cobertura a actividades de construcción de que conllevan actividades de movimiento de terreno de entre 1 a 5 acres, incluyendo proyectos pequeños dentro de otros mayores. EPA emitió un permiso General para Descargas de Aguas Pluviales de Áreas en Construcción para varios estados, incluyendo Puerto Rico. El Permiso General de Construcción provee que las partes que deseen acogerse al mismo deben someter una Notificación de Intención de Obtener Cobertura bajo el Permiso General (NOI). El Permiso General de Construcción requiere, además, que se desarrolle e implante un Plan de Prevención de Contaminación (PPP por sus siglas en inglés), el cual identifique las fuentes potenciales de contaminación de escorrentía pluvial durante la construcción, y describa las prácticas que serán implantadas para reducir la contaminación de las aguas de escorrentías, de

manera que se pueda cumplir con las condiciones del permiso general de construcción. Se preparará el documento SWPPP durante la fase de diseño final.

5.1.2 Cuerpo de Ingenieros (USACE)

Permiso del Ejército de los Estados Unidos El Proyecto como propuesto requerirá un permiso del Cuerpo de Ingenieros como parte del Permiso Conjunto Federal y del ELA para actividades que impactan aguas bajo la jurisdicción federal. El Proyecto impactará humedales y aguas jurisdiccionales en los cuerpos de agua a utilizarse para extracciones de agua y la construcción del Embalse Beatriz. Esto requerirá que el COE emita un permiso bajo la Sección 404 de la Ley Federal de Agua Limpia (“Clean Water Act of 1970, amended (33 USC 1344)” para la construcción de las tomas en el Río Turabo y la Quebrada Beatriz, la construcción del Embalse Beatriz; los cruces de tuberías que impacten el Río Turabo, quebradas o humedales. Previo a emitir el permiso para el Proyecto, el COE consultará con varias agencias federales y locales, incluyendo a la EPA, el Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre (USFWS), la Oficina Estatal de Preservación Histórica (SHPO), el “National Marine Fisheries Service (NMFS); la JP; y la JCA. Los permisos del COE para proyectos que impactan aguas jurisdiccionales generalmente contienen condiciones especiales y requieren mitigación a los efectos adversos sobre las aguas bajo su jurisdicción.

Delimitación de Áreas Jurisdiccionales (Humedales). Para determinar los límites jurisdiccionales de los humedales y otras áreas designadas como “Aguas de los Estados Unidos”, se requiere una delimitación de áreas jurisdiccionales, la cual debe ser aprobada por el Cuerpo de Ingenieros. Esta delimitación ha sido preparada y presentada en el **Apéndice L**. Este informe será presentado al Cuerpo de Ingenieros en conjunto con el permiso que le corresponda a los impactos de las aguas jurisdiccionales afectadas con este proyecto.

5.2 AGENCIAS DEL ESTADO LIBRE ASOCIADO

5.2.1 Administración de Reglamentos y Permisos (ARPE)

Permiso de Construcción y Urbanización. La Resolución de la Junta de Planificación E-14 del 30 de agosto de 1973, establece que la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados está exenta de obtener permiso de construcción de ARPE para la construcción de plantas de filtración, presas, líneas de transmisión, plantas de tratamiento, descargas sanitarias y otras facilidades.

5.2.2 Autoridad de Energía Eléctrica (AEE)

Programa de Seguridad de Embalses. La sección 2 de la Ley Num. 133 del 1986 creó el Programa Estatal de Inspección y Reglamentación de Represas y Embalses con el propósito de mantener, conservar, inspeccionar y velar por la seguridad de las represas y embalses que se encuentren o construyan en Puerto Rico. Este programa es administrado por la Autoridad de Energía Eléctrica mediante su unidad de Inspección y Reglamentación de Presas y Embalses. Este programa comprende los siguientes deberes y facultades:

- Adoptar el plan del programa para la operación, conservación, mantenimiento e inspección de todas las presas y embalses privados y públicos.
- Mantener un inventario al día de las presas y embalses en Puerto Rico.
- Realizar inspecciones periódicas, detalladas y completas, por lo menos cada tres años.
- Revisar y aprobar los planos y especificaciones para construir, ampliar, modificar o remover cualquier represa o embalse.
- Realizar inspecciones periódicas durante la construcción, ampliación, abandono o remoción de una represa.

- Emitir notificaciones cuando sea necesario para requerir del dueño o persona encargada de la represa o embalse la corrección de defectos o condiciones inseguras, trabajos de conservación o revisión de procesos operacionales.
- Aprobar y emitir la correspondiente certificación de aprobación y de permiso, luego de completada la construcción, ampliación o modificación de una represa o embalse.

La Autoridad de Energía Eléctrica utiliza las guías de planes de emergencia provistas por FEMA.

Se gestionará el permiso de construcción del Embalse durante la fase del diseño final. La solicitud de construcción del Embalse incluirá el análisis de rotura de represa, plan de emergencia, y plan de instrumentación e inspección, además de la preparación de los planes de construcción finales con el análisis de estabilidad, filtración y geotécnica.

Permiso de Construcción y Operación de Presas. La Ley Núm. 133 de Julio de 1986 provee la autoridad necesaria a la Autoridad de Energía Eléctrica para controlar el diseño, construcción, re-construcción, modificación, remoción, abandono, inspección, operación, conservación y la monitoreo de cualquier represa o embalse que pueda tener algún efecto sobre la condición de la vida, salud, propiedad y ambiente del área.

Previo a la construcción de la represa se requiere la radicación de una solicitud de permiso de construcción a la Unidad de Inspección y Reglamentación para la Seguridad de Represas y Embalses para su evaluación y endoso. La solicitud de permiso constituye un formulario, planos, especificaciones y documentación de las obras a construirse.

Endoso. La AEE suministrará servicio de electricidad a la represa propuesta y a todos los componentes del proyecto durante la fase de construcción y operación. Antes de endosar los planos de construcción para la interconexión con el sistema de suministro de la AEE, esta agencia evaluará los mismos para determinar si están en conformidad con sus normas de diseño. El proyectista deberá cumplir con el Reglamento para la Certificación de Planos de Proyectos de Construcción Eléctrica. Este endoso será gestionado como parte del diseño final del proyecto.

5.2.3 Cuerpo de Bomberos de Puerto Rico

Endoso. Los planos del proyecto requieren la evaluación y el endoso del Cuerpo de Bomberos. Este endoso será gestionado durante la fase del diseño final de la planta de filtración. Una vez finalizada la construcción del proyecto, el Cuerpo de Bomberos inspeccionará las estructuras para el cumplimiento de medidas de seguridad y prevención de fuego.

5.2.4 Departamento de Recursos Naturales y Ambiente (DRNA)

Permiso Franquicia de Agua. La extracción de agua de un río requiere una franquicia de extracción que expide el DRNA, conforme a los requisitos establecidos por el Reglamento para el Aprovechamiento, Uso, Conservación y Administración de las Aguas de Puerto Rico, Ley Núm. 136 del 3 de junio de 1976.

Permiso de Construcción Toma de Agua. Se requiere un permiso del DRNA para la construcción de la estructura de la toma de agua en un río o quebrada, conforme a los requisitos establecidos por el Reglamento para el Aprovechamiento, Uso, Conservación y Administración de las Aguas de Puerto Rico (Reglamento Núm. 6213 de Junio de 2000), preparado según requerido en la Ley de Aguas de Puerto Rico (Ley Núm. 136 del 3 de junio de 1976, enmendada).

Permiso de Movimiento de Tierra. La realización de obras de movimiento de tierras requiere obtener un permiso del DRNA para la extracción de materiales de la corteza terrestre, en cumplimiento con las disposiciones del Reglamento para la Extracción de Materiales de la Corteza Terrestre. Este permiso será gestionado durante la fase de diseño final.

Endoso de Estudio Hidrológico / Hidráulico. El Departamento de Recursos Naturales y Ambientales y la Junta de Planificación deberá llevar a cabo la revisión técnica y endoso de los estudios hidrológicos e hidráulicos (H/H). Los siguientes estudios H/H serán preparados como parte de este proyecto que requiere el endoso del Departamento.

1. Estudio H/H de la estructura de toma propuesta, como parte de la solicitud para el permiso de construir una toma de agua. (Apéndice C).

2. Estudio H/H del diseño del vertedor (vertedor de agua) del embalse. (Apéndice D).
3. Estudio H/H de rotura del Embalse (Apéndice Q).

Estos estudios serán radicados al DRNA y la JP para su evaluación y endoso.

Permiso de Corte y Poda de Árboles. El artículo 9 de la Ley de Bosques de Puerto Rico (Ley Núm. 133 del 1996 y enmendada y conocida como Ley Núm. 111 del 11 de agosto de 1996) requiere un permiso del DRNA para el corte y poda de árboles. El DRNA también requiere de un plan de mitigación y reforestación para compensar por la pérdida de los árboles removidos. Este plan de mitigación es requerido como parte del Reglamento Num. 25 de la Junta de Planificación (Reglamento de Siembra, Corte y Forestación para Puerto Rico) que regula el corte y poda desmedida de árboles por causas de desarrollo, y requiere que se someta a la JP el plan de mitigación para evaluación y endoso. La sección 3.06 del Reglamento establece que sólo la Autoridad de Energía Eléctrica está exenta de obtener un permiso para la remoción o poda de árboles; la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados está obligada al cumplimiento estricto de las disposiciones del reglamento. En el **Apéndice J** se somete copia del Inventario y Plan de Siembra de árboles para este proyecto. Este inventario fue preparado como guía para el reconocimiento del número de árboles que existen en el lugar y establecer las medidas para la conservación y protección de los mismos una vez en la fase de diseño. Este estudio no será radicado en esta etapa al DRNA. Una vez en la etapa de diseño del proyecto se volverá a rectificar la información del inventario y se concluirá con el plan de mitigación con datos finales que confirmen la ubicación de cada uno de los componentes del proyecto y sus impactos reales.

5.2.5 Departamento de Transportación y Obras Públicas (DTOP)

Endoso y Permiso de Construcción. Los planos de las obras de construcción de la intersección de todo proyecto cuyo acceso conecte al sistema vial de Puerto Rico, requiere el endoso del DTOP. Estos planos deben cumplir con las Normas de Diseño del DTOP. Los planos de las líneas de transmisión y cualquier otro componente que afecta infraestructura del DTOP serán radicados a esta agencia para su evaluación y endoso.

Una vez endosado se presentará la solicitud de un permiso de construcción a la Región para su aprobación. Estos serán gestionados como parte del diseño final del proyecto.

5.2.6 Autoridad de Carreteras y Transportación

Endoso. Los planos de las obras de construcción de la intersección de todo proyecto cuyo acceso conecte al sistema vial de Puerto Rico, requiere el endoso de la Autoridad de Carreteras y Transportación. Estos planos deben cumplir con las Normas de Diseño del DTOP. Los planos de las líneas de transmisión y cualquier otro componente que afecta infraestructura de la ACT serán radicados a esta agencia para su evaluación y endoso. Este endoso será gestionado como parte del diseño final del proyecto.

5.2.7 Departamento de Salud

Endoso. Se requiere un endoso del Departamento de Salud, oficina de Agua Potable, para construir y operar la Planta de Filtración, según el Reglamento Num. 50 (Para Proteger la Pureza de las Aguas Potables de P.R.) y sus enmiendas 74, 75, 76, 82 y 84. Este proceso de endoso se lleva a cabo como parte del proyecto.

El Departamento de Salud requiere que se lleve a cabo una encuesta sanitaria para tomas de agua propuesta para la extracción del agua potable. La encuesta sanitaria para el proyecto se incluye en el **Apéndice H**. Cualquier endoso necesario para la construcción de la toma se llevará a cabo como parte de las tareas del diseño final del proyecto.

5.2.8 Junta de Calidad Ambiental (JCA)

La ley número 416 del 22 de septiembre de 2004. Esta ley sobre la política pública ambiental deroga y sustituye la antigua ley número 9 del 1970. En la nueva ley 416 se crea el artículo 3A y 3C que adopta el principio de sustentabilidad Este principio conlleva asegurar que los sistemas naturales están saludables y tengan la capacidad de sostener la vida en todas sus formas, así como la actividad social y económica, en el marco de una cultura de sustentabilidad. La Ley faculta a la Junta de Calidad Ambiental (Art. A(B)(3)) a adoptar reglamentos sobre las declaraciones de impacto ambiental de Puerto Rico. Esta ley requiere la preparación de una Declaración de Impacto Ambiental

para aquellos proyectos y decisiones gubernamentales que podrían tener un impacto significativo sobre el ambiente.

Plan Control de Erosión y Sedimentación. Todo proyecto que conlleva un movimiento de tierra tiene que someter ante la Junta de Calidad Ambiental un Plan para el Control de Erosión y Sedimentación (Plan CES), de acuerdo al Reglamento Control de Erosión emitido en febrero del 1998. Dicho plan identificará, las mejores prácticas de manejo o mejoras técnicas de control a ser implantadas en el proyecto para controlar la erosión y sedimentación de las tierras en las áreas donde se realizará el movimiento de terreno. El Plan CES será preparado durante la fase de diseño final como parte del nuevo Permiso Conjunto de la JCA.

Almacenaje de Combustibles. El almacenamiento de combustible en tanques sobre tierra, en exceso de 1,320 galones, requiere la preparación de un Plan de Prevención, Control y Contramedidas de los Derrames (SPCC). Este programa de permiso es manejado por la Junta de Calidad Ambiental. En esta fase de planificación se entiende que el proyecto requerirá de tanques de almacenamiento de combustible para la operación de los generadores de emergencia tanto de la nueva planta de filtración como de la estación de bombeo, a ubicarse en dicha planta.

Generación de Desperdicios Sólidos No-Peligrosos. El permiso DS-3 de Actividad Generante de Desperdicios Sólidos No-Peligrosos, que emite la JCA como parte de su nuevo Permiso Conjunto, establece la manera de cumplir con los requisitos concernientes al manejo y disposición de desperdicios sólidos no-peligrosos. La planta de filtración generará un promedio de aproximadamente 1 a 2 toneladas por día (peso seco) de desperdicios sólidos no-peligrosos, los cuales son los sólidos suspendidos removidos mediante el proceso de filtración del agua. Será necesaria la tramitación de un permiso DS-3 para los desperdicios a generarse durante la construcción. El estimado de desperdicios a generarse dependerá del diseño final de los componentes del proyecto. Se estimará la cantidad de desperdicios a generar al momento de solicitar dicho permiso. Se espera que la razón de generación de desperdicios de construcción sea menor a la convencional ya que gran parte del proyecto será construido en tierra. Se cumplirá con las disposiciones aplicables del Reglamento para el Manejo de los

Desperdicios Sólidos No-Peligrosos durante las fases de construcción y operación del sistema.

Certificado de Calidad de Agua. Para obtener el permiso del Cuerpo de Ingenieros bajo la Sección 404 de la Ley Federal de Agua Limpia, es necesario obtener un Certificado de Calidad de Agua de la JCA. El proyecto debe cumplir con la sección 401 (a)(1) de la Ley Federal de Agua Limpia (la Ley), y las secciones 301, 302, 303, 306 y 307 de la Ley. Este certificado establece que el proyecto no causará violaciones a los estándares de calidad de agua, según los parámetros y las limitaciones establecidas por la JCA.

Polvo Fugitivo. Los trabajos de construcción y movimiento de tierra requieren un Permiso de Construcción para Fuentes de Emisiones de la JCA, según lo dispone la Regla 203 del Reglamento para el control de la Contaminación Atmosférica de Puerto Rico. Este permiso identifica las medidas a tomar para controlar las emisiones de polvo fugitivo durante la construcción del proyecto. Este permiso será solicitado a la Junta de Calidad Ambiental por el contratista como parte del nuevo Permiso Conjunto..

El Reglamento para el Control de Contaminación Atmosférica, aprobada en agosto 1995, según se dispone en la Regla 206 inciso (B)(3), requiere que las máquinas de combustión interna que tengan una capacidad mayor de 10 caballos de fuerza obtengan permiso de la JCA. Este permiso se requiere para los generadores eléctricos de emergencia y será solicitado en la fase de diseño final del proyecto de estos ser necesarios según el diseño.

Control de Ruido Durante Construcción. La Sección 3.1.5 del Artículo 3 del Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruidos del 25 de febrero de 1987, regula la generación de ruidos para actividades de construcción. El cumplimiento con este reglamento será responsabilidad del contratista.

5.2.9 Junta de Planificación (JP)

Consulta de Ubicación. La Junta de Planificación evalúa los usos propuestos en terrenos mediante el proceso de Consulta de Ubicación. La Consulta de Ubicación debe cumplir con las disposiciones aplicables del Reglamento de Planificación # 4 o en su defecto con el Reglamento de Zonificación Especial para las zonas no Urbanas del Municipio.

5.2.10 Instituto de Cultura Puertorriqueña (ICPR)

Endoso. Proyectos que envuelven movimiento de terreno requieren el endoso del Instituto de Cultura Puertorriqueña, para asegurar que el proyecto no conlleva una pérdida de los recursos históricos o culturales. El cumplimiento generalmente requiere un estudio de recursos arqueológicos Fases 1A y 1B para determinar si existen recursos culturales o históricos en el área del proyecto. De existir recursos culturales o históricos significativos se requiere un estudio Fase II, y posteriormente pueden requerir trabajos de mitigación. La preparación de los estudios de recursos arqueológicos debe seguir las directrices y guías que aparecen publicadas en el “Reglamento para la Radicación y Evaluación Arqueológica del Proyecto de Construcción y Desarrollo,” Consejo para la Protección al Patrimonio Arqueológico Terrestre de Puerto Rico, adscrito al Instituto de Cultura Puertorriqueña.

En el Apéndice M y Apéndice N se encuentran copias de los estudios Fase 1A y 1B hechos para el proyecto propuesto. Estos estudios han sido radicados al ICPR para su evaluación y aprobación.

5.2.11 Municipio de Caguas

El Proyecto tiene que ser cónsono con el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio Autónomo de Caguas, y debe recibir el endoso de la Junta Territorial que gobierna dicho Plan. Se coordinará con la Oficina del Alcalde de Caguas, el honorable William Miranda Marín y con la Asamblea Municipal, para obtener el endoso formal al Proyecto. Además, los planos de las obras de construcción de la intersección de todo proyecto cuyo acceso conecte al sistema vial municipal, requiere el endoso de Obras Públicas Municipal. Los planos de las líneas de transmisión y cualquier otro componente que afecta infraestructura municipal serán radicados a Obras Públicas Municipal para su evaluación y endoso. Este endoso será gestionado como parte del diseño final del proyecto.

6. IMPACTOS PROBABLES DEL PROYECTO PROPUESTO Y MEDIDAS DE MITIGACION

Esta sección de la DIA-P discute el probable impacto ambiental del Proyecto, y las medidas incorporadas en el diseño del mismo para evitar, minimizar y mitigar los impactos ambientales.

6.1 SUSTENTABILIDAD DEL PROYECTO

6.1.1 Concepto de la Sostenibilidad

El concepto del “desarrollo sostenible” está basado en que las actividades y patrones de desarrollo que se llevan a cabo al presente no deben perjudicar la disponibilidad de los recursos básicos a las generaciones futuras. Este concepto fue considerado en la conceptualización y planificación de este proyecto.

A pesar de que el horizonte de planificación típicamente no excede de 50 años, las fuentes de abasto de agua deben de tener una vida esencialmente indefinida, ya que la necesidad del agua no desaparecerá. Los embalses generalmente tienen una vida operacional mucho más larga de 50 años, siempre y cuando se controle el problema de la sedimentación. Por ejemplo, en la historia de embalses, Schnitter (1994) identificó varios embalses con más de 1,000 años de servicio.

El problema de sedimentación en los embalses de Puerto Rico es crítico, y ya está afectando a las dos fuentes mayores de agua en Puerto Rico, los embalses Carraízo y Dos Bocas. Estos problemas de sedimentación han surgido luego de 50 años de servicio. Por ello, el análisis de sedimentación se considera bajo el concepto de desarrollo sostenible utilizado el horizonte necesario para definir el volumen y rendimiento sostenible del Embalse. En este caso, el objetivo no es definir una demanda a suplir, sino identificar la estrategia para mantener el sistema de abasto en funcionamiento de una manera

sostenible una vez construido. El concepto de desarrollo sostenible de embalses aplicado a este proyecto es discutido ampliamente en “*Reservoir Sedimentation Handbook*” (Morris y Fan, 1998).

6.1.2 Disponibilidad del Recurso y Mantenimiento de la Infraestructura

Los embalses representan una infraestructura esencial y no-renovable para el suministro del agua potable. Para cumplir con el concepto de desarrollo sostenible, el embalse tiene que seguir en funcionamiento por un tiempo indefinido, sin incurrir en grandes impactos ambientales y económicos en actividades de mantenimiento, como es el dragado repetitivo de los sedimentos.

Los embalses atrapan las aguas provenientes de su cuenca tributaria. Sin embargo, junto con las aguas de escorrentía, las cuencas también exportan los sedimentos erosionados de los suelos, un proceso especialmente importante durante las crecidas, cuando las lluvias torrenciales ocasionan mucha erosión, y el color de los ríos se torna rojizo por su carga de sedimentos. La gran mayoría de los sedimentos que entran a un embalse quedan atrapados, y su acumulación desplaza lentamente su volumen útil. Si no se toman acciones preventivas o remediativas sobre este proceso, el embalse queda inservible con el paso de los años. Se puede utilizar la pérdida de la mitad del volumen (la vida-media) como índice del punto cuando la gravedad del problema es tal que las funciones originales del embalse ya no se mantienen.

6.1.3 Estrategia para el Manejo de los Sedimentos

En Puerto Rico, aproximadamente la mitad de la carga anual de sedimentos se transporta hacia el mar en un promedio de solamente dos días al año, y corresponde a eventos extraordinarios de lluvia, incluyendo los huracanes. El volumen de sedimentos erosionados y transportados por las crecidas resultantes de un huracán fácilmente excede la totalidad del transporte de un año entero sin una creciente importante (**vea la Figura 28**). Por ende, el control de la sedimentación de un embalse se enfoca en el manejo del sistema durante las crecidas.

La estrategia para el manejo de la sedimentación que resulta más factible en la planificación de embalses nuevos en Puerto Rico es ubicarlos fuera del cauce principal, para de esta manera permitir que las crecidas con su alta carga de sedimentos puedan fluir aguas abajo sin entrar al embalse. El Proyecto propone la construcción de una represa que cruzará una quebrada con un área tributaria menor, la cual minimiza el aporte de sedimentos. Además, el Embalse Beatriz, ubica fuera de cauce con respecto a su fuente principal del agua, el Río Turabo. La **Figura 25** compara el concepto de embalse convencional y embalse fuera del cauce. En Puerto Rico ya están en construcción dos de estos tipos de embalses fuera del cauce: el Río Fajardo y Río Blanco. La diferencia en la tasa de sedimentación que ocurre al ubicar el embalse fuera del cauce se ilustra en la **Figura 29**.

En el Embalse Beatriz se anticipa que la mayoría de los sedimentos serán de tamaño fino cuya acumulación inicialmente se concentrará en la zona muerta del Embalse, y luego se acumulará en la zona útil. Se anticipa que la zona muerta de 0.6 Mm^3 requerirá de aproximadamente 50 años para llenarse de sedimentos. Se estima que luego de unos 50 años adicionales de acumulación de sedimentos en la zona útil, el rendimiento seguro se habrá reducido en aproximadamente 0.2 mgd , lo que se considera una cantidad despreciable. En Beatriz se anticipa que el primer dragado del Embalse podría llevarse a cabo después de aproximadamente 100 años (removiendo un volumen de 0.6 Mm^3) o 150 años (removiendo 1.2 Mm^3). El volumen de sedimentos a remover cada siglo será de 1.2 Mm^3 , el cual representa solamente el 4% del volumen que se tiene que remover de Carraízo para el mismo periodo.

Los sedimentos dragados serán depositados en un área de almacenaje temporero aguas abajo del embalse para permitir su sedimentación y secado. Luego de terminar con el dragado, y durante el intervalo de 100 años hasta el próximo dragado, será necesario remover estos sedimentos. Este material tiene el potencial de ser utilizado como relleno en otro sitio y así rehabilitar el área de almacenamiento para la próxima actividad de dragado.

6.2 CONSISTENCIA CON PLANES VIGENTES

Esta sección discute cómo la acción propuesta, desarrollo y operación del Embalse Quebrada Beatriz, armoniza o conflige con los objetivos y términos específicos de los planes vigentes sobre uso de terrenos, políticas públicas aplicables y controles del área a ser afectada. Esto a tenor con las disposiciones de la Regla 253 B(3). Como se evidencia en la información que se discute a continuación el proyecto de abasto de agua potable, pieza esencial de infraestructura para la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados, se encuentra en armonía con las metas y objetivos generales de los planes publicados por la Junta de Planificación.

La acción propuesta se enmarca en la necesidad de abastos de aguas adicionales para suplir la demanda de agua potable a largo plazo, en el Área de Servicio, según definida. Esta necesidad se ve plasmada en los Planes de Ordenación a nivel Isla, regional y en específico del Municipio Autónomo de Caguas donde se propone la construcción del Proyecto. A continuación un resumen de éstos.

Es política pública del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, según expresada en el Plan de Desarrollo Integral (1979), que en el área de infraestructura, específicamente agua, “se requiere la construcción de nuevos embalses para aprovechar mejor este recurso y para resolver las necesidades futuras de la población, la industria y la agricultura”.

Esta misma política pública se reitera en el documento titulado “Objetivos y Políticas Públicas del Plan de Usos de Terrenos de Puerto Rico” (1995) al promover infraestructura para atender el problema de escasez relativa de agua potable y estimular el manejo eficiente de este recurso. Esto para, entre otros aspectos, aumentar la capacidad del Sistema de Abasto de Agua Potable dando prioridad a la rehabilitación y al mantenimiento preventivo de los embalses existentes y protegiendo las cuencas hidrográficas que proveen el caudal de abastecimiento de embalses potenciales.

Entre los objetivos de este plan también se encuentra el desarrollar la actividad agrícola en todos aquellos terrenos con potencial para ese uso, con el fin de lograr la mayor autosuficiencia posible en la producción de alimentos. En el área donde ubica el Proyecto propuesto existen terrenos clasificados como RA-2, distrito que se establece

para áreas utilizadas o con potencialidad de ser utilizadas para actividades agropecuarias. En efecto esta actividad agrícola, que no es de carácter intensivo sino artesanal, ha sido documentada en esta DIA-P.

En el Plan Regional Central-Este (2000) se indica que se requerirán fuentes alternas de abastos, dado el crecimiento urbano acelerado y el aumento en la demanda por servicio de agua potable a largo plazo, particularmente en los municipios de Caguas, Cidra, Cayey y Gurabo.

El Municipio Autónomo de Caguas posee una jerarquía V y su Plan Territorial se encuentra actualmente bajo Revisión Integral. El documento “Enunciación de Objetivos y Plan de Trabajo” incluye entre los objetivos de infraestructura el mejorar la provisión de agua potable del municipio. El borrador del documento, que se presentó a la Junta de Planificación, considera la construcción de un embalse en los terrenos donde se propone la acción (Sección 9.4.3).

El Programa de Inversiones de Cuatro Años (PICA), el cual constituye un instrumento de administración pública que recomienda las mejoras capitales e inversiones en infraestructura a corto y mediano plazo, tomando en consideración las políticas públicas, metas y objetivos del ELA. Este documento, preparado por la Junta de Planificación, recomendó en su borrador (periodo 2007-2007 al 2009-2010) una asignación de \$1,131 millones para el programa de Mejoras Capitales de la AAA. Entre las mejoras seleccionadas por la AAA se encuentra la construcción del Embalse Beatriz.

Por lo antes expuesto se concluye que (1) existe una necesidad presente y futura de agua potable en la región identificada en todos los instrumentos vigentes de planificación; (2) esta necesidad se presenta en las recomendaciones para la asignación de fondos establecidas en los instrumentos de administración pública; (3) los Planes de Ordenación vigentes establecen como política el mantenimiento de las cuencas hidrográficas para el desarrollo de futuros embalses o la identificación de fuentes alternas de abastos incluyendo la construcción de embalses para solucionar los problemas de abasto de agua. Por tanto, entendemos que la construcción y operación del embalse propuesto está en armonía con la política pública actual, con los Planes Territoriales vigentes y con las metas y objetivos delineados por el Municipio Autónomo de Caguas.

6.3 IMPACTOS HIDROLÓGICOS

6.3.1 Impacto de Sedimentación en el Embalse

Uno de los mayores impactos ambientales a largo plazo asociados con un embalse es el manejo de los sedimentos. El diseño utilizado en este proyecto minimiza el problema de la sedimentación debido a su configuración fuera de cauce. El diseño de la toma hace que la mayor cantidad de los sedimentos se mantengan dentro del Río Turabo. Por otro lado el diseño provee un área de almacenamiento adicional de 0.6 Mm³ en la zona muerta, donde se podrán acumular los sedimentos por espacio de 50 años sin afectar el volumen útil del Embalse.

6.3.2 Impacto en Flujos Mínimos

Típicamente, las reglas de operación de las represas establecen que se debe dejar pasar un flujo mínimo para cumplir con las demandas ambientales y biológicas así como para asegurar la salud de los sistemas ribereños. La regla general utilizada en Puerto Rico es la de mantener un flujo mínimo igual al 50 % del Q₉₉ del río o quebrada. Recientemente el DRNA, en el borrador del Plan Integral de Aguas, propone que dicho valor sea equivalente al 100 % del Q₉₉. El Q₉₉ es aquel flujo que fue igualado o excedido el 99% del tiempo de acuerdo a un análisis estadístico de los datos históricos.

El proyecto propuesto ha sido diseñado para dejar un flujo mínimo tanto en la Quebrada Beatriz como en el Río Turabo. Sin embargo, el Proyecto tendrá un impacto sustancial en al disminuir los flujos medios. En la zona inmediatamente aguas abajo de las estructuras propuestas se calcularon los caudales diarios con el fin de determinar la frecuencia de flujos para la condición actual y la condición propuesta (**Figura 30**). La relación entre los flujos mínimos en los ríos y el rendimiento seguro del Proyecto se presenta en la **Tabla 31**. El flujo mínimo del Río Turabo se garantiza automáticamente por la configuración hidráulica de la toma. En el Embalse será necesario proveer una válvula de control para entregar agua a la Quebrada Beatriz.

Tabla 31: Relación Entre Flujo Mínimo en los Ríos y Rendimiento Seguro.

Condición	Rendimiento Proyecto (mgd)	Flujo Mínimo en los Ríos			
		Río Turabo		Q. Beatriz	
		m ³ /s	pies ³ /s	m ³ /s	pies ³ /s
Flujo mínimo = Q ₉₉	13 a 14	0.12	4.4	0.014	0.5

6.3.3 Impacto en el Embalse Carraízo (Lago Loíza)

Se llevó a cabo un análisis del impacto que ocasionaría la construcción de los embalses Valenciano y Beatriz en el rendimiento seguro de Embalse Carraízo (**Apéndice R**). El mismo se discute en detalle en el **Capítulo 7**, Impactos Acumulativos.

6.3.4 Impactos en Inundaciones

Bajo condiciones normales el Embalse tendrá un impacto favorable sobre las inundaciones aguas abajo al reducir los flujos máximos por su efecto de detención de las aguas de las crecidas (**Apéndice D**). La magnitud de este impacto se resume en la **Tabla 32**. De igual manera, la toma del Río Turabo no afectará los flujos máximos de inundación (**Apéndice C**).

Tabla 32: Impacto del Embalse en Reducir Flujos Máximos, m³/s.

Intervalo de Recurrencia	Pre-proyecto	Post-proyecto	Reducción, %
2-años	116	42.8	63
100-años	393	230	41
Crecida Máxima Probable ^{a/}	882	574	35

^{a/} Corresponde a la crecida máxima que se puede esperar bajo las condiciones climatológicas óptimas, o sea, la "tormenta perfecta." En más de 2,000 estación-años de datos disponibles del USGS en Puerto Rico, hay solamente una crecida que aparenta cumplir con este criterio, el evento del huracán Georges en la Quebrada Arenas (estación 50050900).

El Embalse ha sido diseñado para manejar la crecida máxima probable (el evento "PMF", por sus iniciales en inglés). Esta es la crecida máxima que puede ocurrir bajo condiciones meteorológicas perfectas, la cual se estimó en una lluvia de 42.5 pulgadas en un periodo de 24 horas. Esta crecida es tres (3) veces mayor que el evento de los 100 años. Bajo esta condición el nivel máximo en el Embalse alcanzará elevación de 156 m y

se producirá un caudal de desborde máximo de 574 m³/s (20,270 pies³/s) sobre el vertedor hidráulico.

El Proyecto se encuentra aguas arriba del límite de estudio de inundaciones preparado por FEMA. Sin embargo, las obras a lo largo del río relacionadas con la instalación de las líneas de transmisión de aguas cruda y filtrada no cambiarán la razante de la superficie del terreno una vez instaladas, y por ende no representan un impacto en los niveles de inundación.

En el sitio donde se propone ubicar la toma de agua se llevó a cabo un estudio hidrológico- hidráulico (H/H) (**Apéndice D**). El propósito del mismo es determinar el posible impacto que tendrá la estructura en los niveles de inundación. El estudio H/H de la toma concluyó que el diseño de la estructura no aumentará el nivel de inundación de los 100-años sobre de los 0.30 m permitido por el Reglamento Núm.13 de la Junta de Planificación.

El Embalse aumentará el nivel de inundación aguas arriba como resultado de la represa para crear el Embalse. Los niveles de inundación dentro del Embalse fueron estudiados por un análisis H/H (**Apéndice D**) utilizando el evento del PMF. Con dicho evento el nivel máximo de inundación del Embalse no excederá los 156 m. Se recomienda la adquisición de los terrenos adyacentes hasta el nivel de 160 m.

Aguas abajo del Embalse, los caudales de las crecidas serán sustancialmente reducidos y por ende los niveles de inundación serán reducidos también. En consecuencia el Embalse no tendrá impacto adverso sobre áreas o estructuras sujetas a inundación aguas abajo del mismo.

Una ruptura de represa podría o no estar asociada a un evento de precipitación de gran magnitud. Por ejemplo, una ruptura no asociada a un evento de precipitación sería causada por un movimiento telúrico o alguna falla en el mantenimiento y manejo de la represa. Por otro lado, eventos de precipitación excesiva también podrían causar una rotura. Para evaluar los efectos de una posible rotura de represa se realizó un análisis de rotura de represa para el Embalse Beatriz (**Apéndice Q**).

En el análisis se evaluaron tres (3) escenarios de precipitación: (1) rotura en un día soleado (no asociado a evento de precipitación); (2) un evento de lluvia de recurrencia de 100 años y (3) el de lluvia máxima probable (“Probable Maximum Precipitation” o PMP por sus siglas en inglés). El PMP es la precipitación máxima que es físicamente concebible para una región geográfica específica. Este evento se considera como un escenario de lluvia catastrófico (“worst case scenario”), con una probabilidad mínima de ocurrir. Para la región del Embalse Beatriz el análisis estimó un PMP de aproximadamente 42.5 pulgadas en 24 horas. Un evento de precipitación de la magnitud del PMP es casi tres (3) veces mayor que la lluvia de cien años (13 pulgadas). No obstante, es importante apuntar que el diseño estructural de la represa tiene la capacidad de manejar un evento de dicha magnitud por lo que la ocurrencia del PMP no necesariamente redundaría en una rotura de la represa. Además, la represa también se diseñará para sostener los efectos de un terremoto. En conclusión, el riesgo de que concurren los eventos de rotura y lluvia PMP es despreciable para todo propósito práctico.

Con relación a susceptibilidad a inundaciones, el impacto inmediato surgirá aguas arriba de la represa como consecuencia de la presencia del Embalse. La elevación operacional del nivel del Embalse será de 153 metros. Durante un evento de precipitación PMP, se calculó que el nivel de agua en el Embalse aproximará los 156 metros. Este aumento en área fue considerado en el Proyecto y dichos terrenos forman parte de la zona de amortiguamiento del Embalse, según indicado anteriormente

Según los resultados del análisis realizado, para los escenarios de rotura de represa durante los eventos de lluvia de 100 años y PMP, el aumento en el nivel de inundación por la rotura de la represa no se considera significativo en comparación a los niveles de inundación sin la represa. Según se presenta en la **Figura 34** la diferencia en niveles de inundación (con rotura de represa y sin represa) sólo se puede apreciar en el área cercana a la confluencia del Río Turabo con el Río de Loíza.

6.3.5 Geomorfología Fluvial: Impactos y Medidas de Mitigación

La geomorfología fluvial del Río Turabo está afectada por las actividades de desarrollo en la zona, por lo que no se pueden analizar los impactos del Proyecto sin antes considerar los impactos de las demás actividades que afectan este río. Por ende, el análisis de los impactos y medidas de mitigación geomórficas aparecen en la sección de “Impactos Acumulativos,” **Capítulo 7.**

6.3.6 Impactos a Recursos de Agua Subterránea

Los recursos de agua subterránea en el aluvión de Caguas-Juncos y otros acuíferos menores de la zona no se verán afectados por el Proyecto. El Río Turabo es un río perenne, por lo que se alimenta del acuífero en periodos de baja precipitación. Sin embargo, cuando hay extracción excesiva cerca de un río el nivel freático podría disminuir provocando que el río nutra el acuífero. Puig y Rodríguez (1993) corroboran que la relación entre el Río Turabo y el Acuífero Caguas-Juncos no se ha afectado por la extracción de agua subterránea. Es decir, que la disminución en el caudal del río no debería afectar el nivel freático y por ende la capacidad de extracción de los pozos en la zona.

El fondo del Embalse en la cercanía de la represa será revestido con arcilla para minimizar las filtraciones. Sin embargo, habrá una filtración limitada inevitable, la cual alimentará el acuífero. La razón de infiltración será calculada como parte de los estudios detallados de diseño, y la permeabilidad de la formación determinará la extensión del manto de arcilla a instalarse en el fondo del Embalse.

Entre las alternativas consideradas se encuentra la excavación de un túnel de aproximadamente 3.0 km (**Figura 35**). Para la evaluación de impactos a aguas subterráneas por parte de la alternativa del túnel se revisó el Atlas de Recursos de Agua Subterránea en Puerto Rico y las Islas Vírgenes y los datos del USGS de pozos de agua subterránea en el área. No se encontraron datos precisos sobre la presencia de agua subterránea a las profundidades en las que discurrirá el túnel propuesto. La alternativa de perforación y revestimiento del túnel debe ser evaluado con detenimiento a través de una investigación geotécnica detallada según se recomienda en el estudio realizado por

Jacobs Associates titulado “Beatriz Reservoir Intake Tunnel; Tunnel Feasibility Evaluation”. Este reporte se incluye como **Apéndice S**.

6.3.7 Impactos en la Calidad del Agua

Durante la fase de construcción habrá movimiento de tierra que podría ocasionar erosión y sedimentación en los terrenos. Para el control de los sedimentos generados se preparará e implantará un Plan de Control de Erosión y Sedimentación (Plan CES) bajo el reglamento vigente de la Junta de Calidad Ambiental. Además se preparará un “Stormwater Pollution Prevention Plan” bajo el reglamento vigente de la Agencia de Protección Ambiental federal (EPA) como parte del proceso de solicitud del permiso NPDES. En este plan se presentarán las medidas a implantarse para proteger tanto al Río Turabo como a la Quebrada Beatriz y sus alrededores durante la construcción de todas las fases del Proyecto.

A continuación se discuten los impactos a largo plazo de la operación del Proyecto.

No se espera que el Río Turabo experimente cambios en sus características físico-químicas como consecuencia de la operación de la toma propuesta.

Se anticipa que el Embalse Beatriz sea estratificado, similar a como se comportan otros embalses. Esto responde a que el sol calienta el agua en la superficie del Embalse, haciéndola menos densa que el agua fría. Esto resulta en un termoclino (zona de cambio abrupto de temperatura). Esta barrera de densidad dentro de la columna de agua evitará la mezcla de las aguas profundas con las aguas superficiales. Esta condición es típica de los lagos en Puerto Rico, con el termoclino ubicado a una profundidad de unos 2 a 4 metros. El resultado es que las aguas más profundas quedan atrapadas por debajo de las aguas superficiales, y por ende no reciben oxígeno de la atmósfera.

Para evitar la descarga de agua anaeróbica del fondo del lago hacia la Quebrada Beatriz, las aguas a verter a la Quebrada serán extraídas desde la línea que discurre desde la toma del Embalse hacia la PF. La toma en el Embalse puede extraer agua a diferentes elevaciones para así extraer agua en la parte superior del lago aún cuando hay variaciones en el nivel del lago. De esa manera se puede extraer agua de la parte superior del lago donde hay oxígeno.

Las aguas de lavado de filtros serán tratadas para remover sedimentos y luego serán recirculadas, en cumplimiento con los estándares del Departamento de Salud. En la etapa de operación de la PF propuesta existe la posibilidad de que sea necesaria la disposición de agua de lavado de filtros, esto en la eventualidad de que por razones operacionales no sea posible recirculadas de la manera en que se planifica. Se solicitará un permiso NPDES para dichas descargas. No se prevé un impacto significativo a la calidad de agua del cuerpo receptor.

Es común la presencia de carreteras estatales dentro de las cuencas tributarias de los embalses en Puerto Rico entre otras razones por nuestra condición de isla y la limitación de espacio. La cuenca tributaria del Embalse Beatriz no es la excepción. El punto más cercano de la PR-52 al Embalse de se localiza a una distancia aproximada de 0.25 millas (0.4 km.). En casos de emergencia por derrame de contaminantes en áreas que puedan afectar el Embalse será necesario activar el Plan de Alerta de Contaminación de la AAA.

6.3.8 Plan de Manejo para la Cuenca Hidrográfica del Río Turabo

Para viabilizar el uso adecuado y la protección del recurso agua en esta zona se desarrollará un *Plan de Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Turabo*. El enfoque del Plan estará dirigido hacia la protección de las aguas de la cuenca ya que constituyen la fuente de agua para el Embalse. El mismo responderá a la Política Pública del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, la cual está dirigida a la conservación, preservación y el uso adecuado y juicioso de los recursos naturales de Puerto Rico. El Plan de Manejo consistirá en describir la cuenca del Río Turabo desde el punto de vista hidrológico, uso de terrenos, calidad de agua y fuentes de contaminación entre otros para entonces identificar e implantar medidas viables para minimizar la cantidad de contaminantes que lleguen al Embalse, el cual será la fuente de abasto de agua principal para el municipio de Caguas.

6.4 IMPACTOS EN RECURSOS BIOLÓGICOS

6.4.1 Ecosistemas Acuáticos: Impactos y Medidas de Mitigación

Los posibles impactos que la construcción del Embalse Beatriz puede ocasionar en los ecosistemas acuáticos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 33: Impacto del Embalse en Reducir Flujos Máximos, m³/s.

Componente	Descripción del impacto
Toma de Agua en el Río Turabo	Desviación temporera del flujo durante la construcción. Se requiere que se seque temporalmente la charca donde ubicará la toma para así facilitar la construcción de parte de la estructura que se ubicará debajo del agua. Succionar larvas o juveniles en la toma de agua.
Embalse Beatriz	Representa una barrera física que obstaculiza las vías de migración. Creación de un lago en la quebrada que sirva de hábitat a especies predatoras no nativas. Reducción en las descargas altas o interrupción del transporte del material del lecho el cual cambiará el régimen geomórfico de la quebrada. Contribuye a aumentar la diversidad biológica ya que constituye un tipo de recurso atractivo para las aves acuáticas, tanto por la profundidad de la columna de agua como por la baja velocidad de las aguas. Entre éstas se encuentran las especies de patos, algunos de los cuales se consideran vulnerables por la pérdida y degradación de su hábitat.
Ambos	Descarga de contaminantes durante la construcción. Impactos temporeros durante la construcción de las obras. Reducción en el flujo promedio aguas abajo del Proyecto

Como medidas de mitigación temporeras se implantarán medidas de control de erosión y sedimentación aprobadas por la Junta de Calidad Ambiental y la Agencia de

Protección Ambiental mediante la aprobación del “Storm Water Pollution Prevention Plan” para reducir los efectos por transporte de sedimento en los cuerpos de agua a ser impactados. La construcción de la toma requiere que la charca donde se ubicará la estructura bajo el nivel de agua se seque temporalmente, por lo que se desviará el flujo por un espacio limitado de tiempo. No se anticipa que este impacto temporero tenga algún efecto en la supervivencia de alguna especie acuática.

A largo plazo, la toma propuesta no representa una barrera a la migración de las especies acuáticas adaptadas a ríos con caídas de agua o con rápidos, como es el Río Turabo. Para mitigar la succión que resultaría de la operación de la toma, se propone extraer a una profundidad adecuada de manera que se minimice la succión de camarones juveniles.

Sin embargo, el Embalse Beatriz representa una barrera migratoria la cual no puede ser superada por los organismos que habitan la zona. El nivel del Embalse será variable, según demostrado en la simulación de niveles presentado en la **Figura 31**. Esto hace difícil que funcione una escalera de peces.

Pese a esta condición y evaluando el impacto acumulativo de otros proyectos en el área, particularmente la operación de la Represa Carraízo, uno de los impactos acumulativos ha sido el eliminar vías de migración para especies cuyo ciclo de vida les obliga a migrar hacia los estuarios. Por ende, este es un efecto ya presente en el área donde se propone la construcción del Proyecto. Cabe señalar que pese a que los mapas del Atlas de Sensitividad Ambiental de la NOAA señalan la presencia de especies nativas en los cuerpos de agua a ser impactados, el estudio de Flora y Fauna Ribereña no identificó ninguna de estas especies en los tramos estudiados.

Tanto la construcción de la toma como el Embalse mantendrán un flujo mínimo de Q_{99} aguas abajo de las obras. Se entiende que el Q_{99} es un flujo adecuado para mantener la integridad ecológica del sistema. Scatena y Johnson (2001) demostraron en estudios realizados en ríos y quebradas en Puerto Rico que el mantener unos flujos mínimos iguales o mayores a unas descargas de Q_{99} son suficientes para mantener la integridad ecológica del sistema. Dicha conclusión fue presentada a base de estudios sobre la relación entre el hábitat del canal, la abundancia de especies acuáticas y las descargas

diarias en un periodo de 15 años. Estos investigadores seleccionaron el camarón como organismo indicador pues éstos habitan en todos los cuerpos de agua lóticos en Puerto Rico, migran como parte de su ciclo de vida y sobretodo son los organismos más sensitivos a cambios ambientales en ríos (Holmquist, 1998). Basándose en lo antes expuesto es aceptable mantener unos flujos mínimos iguales o mayores a unas descargas del Q_{99} , según se propone. Además, se prevé que el uso de una toma en el Río Turabo no altera la condición geomórfica del río minimizando los impactos al hábitat de las especies inventariadas.

Los terrenos ribereños donde se desarrollará el Proyecto cumplen con las características necesarias para que sean considerados como hábitat natural, según definido en el Reglamento de Vida Silvestre, aún cuando en su mayoría han sido impactados previamente para usos diversos. Para atender los impactos asociados a este Proyecto se deben implantar medidas de mitigación en las cuales se rectifique el impacto reparando, rehabilitando o restaurando el ambiente afectado. Dichas medidas deben incluir la reducción de impactos y la compensación a través de reemplazo de recursos naturales, operaciones de preservación y mantenimiento durante el periodo de la acción.

Entre otras medidas, se propone que se mejoren las áreas arbóreas existentes con especies que produzcan alimento para la vida silvestre y que se creen zonas de amortiguamiento en los bosques de galería y a orillas del Embalse con el mismo objeto, proveer alimento y hábitat.

De acuerdo con el Reglamento de Vida Silvestre la modificación del hábitat exige una mitigación, la cual también es aplicable a las áreas ribereñas. La proporción de esa mitigación estará dada por el tipo de hábitat que se vaya a modificar, de acuerdo al referido reglamento, así como por la presencia de especies que se consideren elementos críticos, amenazados o en peligro de extinción. Se presentarán ante el DRNA las categorías de habitáculos, que se identifiquen a la luz del Reglamento de Vida Silvestre.

Refiérase a la **Sección 6.4.3** para detalles sobre las estrategias de mitigación.

6.4.2 Impactos en Aguas Jurisdiccionales y Medidas de Mitigación

Se llevaron a cabo dos estudios de delimitación de las áreas bajo la jurisdicción del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (“U.S. Army Corps of Engineers”, USACE, por sus siglas en inglés), de acuerdo a las provisiones de la Sección 404 de la Ley de Aguas Limpias (“Clean Water Act”).

Se identificaron 27.9 cuerdas (27.1 acres, 109,651 m²) que cumplen con los criterios para ser considerados humedales jurisdiccionales, de los cuales los impactos mayores se asocian al Embalse y la toma en el Río Turabo:

- Se impactarán 12.9 cuerdas (12.5 acres, 50,751 m²) en la zona del Embalse de forma permanente.
- En el área de la Toma se impactarán aproximadamente 0.33 cuerdas de forma temporera y 0.05 cuerdas permanentemente de aguas jurisdiccionales.

El restante de los impactos dependerá de la localización final de las estructuras de operación propuestas. La totalidad de los impactos serán definidos y presentados al USACE y a todas las agencias concernidas como parte de la Solicitud de Permiso Conjunto. Copia de los estudios completos de delimitación se incluyen en el **Apéndice L**. Los impactos de las obras sobre las aguas jurisdiccionales se desglosan en la **Tabla 34**.

Tabla 34: Resumen de Impactos de Aguas Jurisdiccionales

Componentes del Proyecto	Impactos	
	Temporeros	Permanentes
Toma	0.33 cuerdas	0.05 cuerdas
Embalse	0	12.9 cuerdas
Tubería de agua cruda (Río Turabo-Embalse)	10 cruces	0
Túnel de agua cruda (Río Turabo-Embalse)	0	0
Tubería de agua cruda (Embalse-Planta de filtración)	0 cruces	0
Tubería de agua filtrada (Planta de filtración a sistema de distribución de Caguas)	3 cruces	0
Camino de acceso a la Planta de Filtración	1 cruce	0
Total		13 cuerdas

A través del estudio titulado “Planning and Feasibility Studies for Potencial Dam Sites in Puerto Rico” se evaluaron varias alternativas para ubicar un embalse en la cuenca del Río Loíza. La localización del Embalse Beatriz surge entre otras consideraciones por la reducción en impactos ambientales que un embalse fuera del cause conlleva, incluyendo los impactos a aguas jurisdiccionales.

La selección de la localización de la represa no se pudo cambiar para minimizar impactos a los humedales, ya que su localización es fijada por otras variables. Esto representa un impacto inevitable. Las áreas jurisdiccionales se identificaron en el área del embalse y las tuberías de agua cruda y filtrada, no hay humedales en el predio donde se va a ampliar la planta de filtración.

Las líneas de transmisión (agua cruda y potable) tendrán un impacto temporero a consecuencia de los cruces de los cuerpos de agua, principalmente ríos y quebradas (14 cruces). La alineación de las tuberías fue seleccionada para minimizar cualquier posible impacto, dentro de las limitaciones impuestas por la infraestructura y las estructuras ya existentes en el área. Luego de instaladas las tuberías el terreno será re-establecido a su condición original.

6.4.3 Impactos en Ecosistemas Terrestres y Medidas de Mitigación

El inventario de flora y fauna terrestre realizado en las áreas a ser impactadas por la acción propuesta consistió del muestreo en 16 transectos lineales en cinco días, los cuales incluyeron muestreo diurno y crepuscular. Se utilizó la metodología de puntos de cuenta a intervalos de 100 metros para el muestreo de fauna.

Como parte de este esfuerzo se revisaron los inventarios del Programa de Patrimonio Natural del DRNA y del USFWS con el objeto de identificar avistamientos anteriores o susceptibilidad del área a la presencia de especies en peligro de extinción o amenazadas. En las inmediaciones del Proyecto se observó la presencia de la especie *Patagioenas inornata wetmorei* (paloma sabanera) y se entiende que el predio posee características que podrían ser catalogadas como hábitat para la especie y *Epicrates inornatus* (boa

puertorriqueña) listadas como especies en peligro de extinción. Además se identificaron individuos de las especies *Icterus dominicensis* (Candelaria) y *Vireo latimeri* (Bien-te-veo), aves consideradas nativas o endémicas a la Isla que por falta de datos sobre la condición existente de la población deben ser protegidas.

Por tanto entre las medidas a ser implementadas se encuentra el desarrollar y aplicar Protocolos de Manejos y Conservación para estas especies. Estos protocolos serán consultados y deberán ser aprobados por las agencias inherentes o con pericia técnica como lo son el DRNA y el USFWS, en cumplimiento con las disposiciones de la Sección 7 de la Ley Federal de Especies en Peligro de Extinción.

La perturbación de los terrenos asociada a los trabajos de construcción del Proyecto ocasionará el desplazamiento de la vida silvestre terrestre. En algunos lugares este desplazamiento será temporal, como en los tramos donde se propone construir la tubería, que se espera se recuperen paulatinamente una vez se finalicen los trabajos en la zona. En el área donde se ubicará el Embalse estos impactos serán permanentes. El ecosistema terrestre será reemplazado por el ecosistema acuático que se desarrollará en asociación con el embalse a ser creado.

A pesar de ubicar el lago en un área cuyo uso de terreno en los últimos años ha sido el pastoreo con pastos no-mejorados, el Proyecto bajo el escenario de mayor impacto afectará aproximadamente 69,463 árboles. Este valor fue determinado en función de la densidad estimada a base de los datos obtenidos en los muestreos de 12 parcelas de 20 metros x 20 metros (400 m²) ubicadas al azar en el área donde se propone el Embalse. Esto incluye la totalidad de los árboles en la franja de 25 m de ancho de las tuberías.

En esta etapa, el Proyecto se encuentra en planificación, y se evalúan las alternativas factibles para minimizar riesgos e impactos socioeconómicos y ambientales.

- De seleccionarse la instalación de tuberías, en vez del túnel de aducción de agua cruda, se podría modificar la alineación de su ruta (dentro del corredor estudiado) de manera que se minimicen los impactos a recursos forestales.
- La selección de construcción de túneles (para transferir el agua cruda desde el Río Turabo y para contener la tubería de agua cruda que llegaría a la PF desde

Las Quebradillas y la tubería de agua potable que saldría de la PF) en lugar de tuberías resultaría en una reducción significativa de impactos a recursos forestales y hábitat existente.

Esta determinación en la selección de los componentes se realizará en una etapa futura del Proyecto.

Aún así se proveerán las medidas necesarias para cumplir con las disposiciones de la Ley 241 conocida como la Nueva Ley de Vida Silvestre y su reglamento donde se requiere compensación por impactos a hábitat natural. Existen terrenos donde se desarrollará el Proyecto que cumplen con las características necesarias para que sean considerados como hábitat natural, según definido en el Reglamento de Vida Silvestre, aún cuando en su mayoría han sido impactados previamente. Para atender los impactos asociados a este Proyecto se propone implantar medidas de mitigación en las cuales se rectifique el impacto reparando, rehabilitando o restaurando el ambiente afectado, según señalado anteriormente. De acuerdo con el Reglamento de Vida Silvestre, la modificación del hábitat exige una mitigación. La proporción de esa mitigación estará dada por el tipo de hábitat que se vaya a modificar.

Como parte de los esfuerzos que se han estado llevando a cabo por la AAA para identificar estrategias de mitigación tanto para el proyecto Embalse Beatriz como para el proyecto Embalse Valenciano, se propone un Plan Integral de Mitigación. Como parte de éste se ha generado un Plan de Cumplimiento con el Reglamento 25 “Reglamento de Siembra Poda y Reforestación” y la Ley 241 “Nueva Ley de Vida Silvestre”. Esta estrategia de mitigación se enfoca en la adquisición de terrenos aledaños a los embalses al igual que la adquisición de terrenos identificados por el Departamento de Recursos naturales y Ambientales para la conservación y siembra de árboles.

Para el cumplimiento con el Reglamento de Planificación No. 25 y la Ley 241 se proponen las siguientes medidas:

- Minimización de impactos a especies leñosas,
- Siembra de especies adaptadas a la zona a ser inundada en la franja de amortiguamiento de cinco (5) metros,

- Mejoramiento de hábitat cercano o adquisición de terrenos de alto valor ecológico,
- Minimización de impactos a hábitat naturales.

En cuanto a la creación y mejoramiento de hábitats en los alrededores del Proyecto se realizarán esfuerzos específicos a la creación de hábitats para la Paloma Sabanera. Esta estrategia de mitigación también pretende consolidar los esfuerzos de mitigación por impactos que no puedan ser evitados a humedales o aguas jurisdiccionales de los Estados Unidos según la Sección 404 de la Ley de Agua Limpia. La propuesta de mitigación formal formará parte de la solicitud de Permiso Conjunto para impactar Aguas de los Estados Unidos.

6.5 IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS

6.5.1 Impactos a la Salud y Seguridad Pública

En Puerto Rico, el racionamiento del agua se logra mediante la imposición del servicio intermitente. La reducción de la presión dentro de las tuberías de agua potable puede permitir la infiltración de contaminantes al interior de la tubería. Al re-establecer el servicio de agua se arrastran los sedimentos acumulados en la tubería, resultando en un incremento en la turbidez de agua. Además, los racionamientos podrían afectar la capacidad de atender emergencias como incendios lo cual representa un riesgo a la seguridad pública.

La eliminación del racionamiento de agua también contribuye al beneficio social mejorando la calidad de vida, ya que elimina los múltiples inconvenientes a las personas que viven el cese de servicio de abastecimiento de agua. Debido al aumento en la producción del agua, el proyecto propuesto reducirá la probabilidad de que ocurra racionamiento, lo cual tendrá un impacto positivo en la salud, la seguridad pública y la calidad de vida.

Un embalse representa un peligro potencial a las comunidades aguas abajo debido al potencial de inundación resultante de una rotura de la represa. La causa principal de

rotura de embalses es debido a la capacidad inadecuada del vertedor hidráulico, lo cual resulta en el desborde sobre la estructura de tierra y la falla de la misma (Jansen, 1983).

El área total del Embalse y la cuenca aguas arriba de la represa es de 2,964 cuerdas (2,879 acres). Se diseñó un vertedor para manejar la crecida producida por la lluvia máxima probable (Probable Maximum Precipitación o "PMP") en el área del Embalse, la cual es de 42.5 pulgadas (1,080 mm) en 24 horas. Esta lluvia es tres veces mayor que la lluvia de 100 años. La represa también será diseñada para sostener los efectos de un terremoto. Para identificar cualquier cambio en la parte interior de la estructura, será instalada la instrumentación necesaria para el monitoreo de las filtraciones por el talud, el cual también podría comprometer la seguridad de la estructura. Tendrá una compuerta de fondo para reducir el nivel o vaciar el Embalse en caso de una eventualidad que así lo requiera.

Los estudios H/H presentados en el **Apéndice D** y **Apéndice Q** discuten en detalles los resultados de esta evaluación incluyendo un análisis de rotura del Embalse.

6.5.2 Impactos a la Recreación

Existe un área de uso recreativo informal en la zona donde se propone ubicar la toma del Río Turabo. La toma de agua será ubicada en la última poza aguas arriba en esta zona. Dado que al momento no hay una forma práctica de garantizar que no se utilice el río para fines recreativos en el área de la toma, en el diseño de ésta se considerará este factor.

En el área se desarrollaba anteriormente actividades de venta de comida y bebidas alcohólicas. Este uso resultaba en la generación de una gran cantidad de basura que ganaba acceso al río (envases plásticos, latas). La toma del Río Turabo tendrá tapa y verja para evitar la entrada de personas no-autorizados a esta estructura y será diseñado para evitar su obstrucción con basura.

6.5.3 Generación de Empleos

Se anticipa que la construcción del Proyecto empleará de modo directo aproximadamente unas 140 personas por un periodo de 2.5 años. La **Tabla 35** presenta

el estimado de generación de empleos en el Proyecto y sus repercusiones en el sector de la construcción a nivel Isla.

Tabla 35. Generación de Empleos asociados a la construcción del Embalse Beatriz.

Parámetro	Directo	Indirecto	Inducido	Totales
Efecto de la Inversión a nivel isla	1,590	795	1,113	3,498

La cantidad de empleados permanentes asociados a la operación del Embalse dependerá de las necesidades y reorganización de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados para operar el sistema de agua potable en el área, no se anticipa que aumente significativamente el número de empleos durante la operación.

6.5.4 Impacto Económico

La inversión total del Proyecto se estima entre \$129 y \$159 millones de dólares, refiérase a la **Tabla 2**. A partir del costo de las obras de construcción, 87.6% del costo total, se estima una inversión aproximada entre 7.35 y 9.04 millones en el pago de arbitrios de construcción y patentes municipales. Esto basado en las tasas aplicables al Municipio Autónomo de Caguas, 6% y 0.5% para arbitrios por construcción en áreas rurales y patentes respectivamente.

La Junta de Planificación ha publicado unas guías basadas en el comportamiento del sector de la construcción a nivel isla. De este modo se proyecta el efecto de cada dólar de inversión tanto en la generación de empleos como su impacto en la economía local.

La **Tabla 36** muestra una relación del sector de la construcción y minería con el resto de los sectores de la economía. El impacto económico se basa en el efecto de la inversión.

Tabla 36. Impacto sobre los diversos sectores de la economía.

Sector	Multiplicador	Inversión en la construcción	Impacto en \$ millones
Agricultura	0.0069		1.1
Construcción y Minería	1.0128		161.0
Manufactura	0.2178	159	34.6
Servicios	0.383		60.9
Gobierno	0.0063		1.0
Producción Local	1.6268		258.7

De acuerdo a la Matriz de Requisitos directos e Indirectos publicada por la Junta de Planificación por la inversión inicial entre \$129 y \$159 millones se generarán \$50 millones adicionales que impactarán la economía total. La **Tabla 37** muestra el impacto del Proyecto sobre los ingresos.

Tabla 37. Impacto del Proyecto sobre los ingresos.

Indicador (Construcción Nueva)	Multiplicador	Inversión en la construcción	Impacto en \$ millones
Tipo 1	1.72	159	273.5
Tipo 2	2.68		426.1

El Multiplicador Tipo 1 considera los efectos directos e indirectos de la inversión en la industria de construcciones nuevas, mientras que el Multiplicador Tipo 2 toma en consideración los efectos sobre ingresos y empleos inducidos por los cambios en el patrón de consumo. Los multiplicadores publicados por la Junta de Planificación toman en consideración los coeficientes directos de ingresos, es decir los salarios y jornales reportados por sector e industria, divididos por la producción.

Por la información antes expuesta se deduce que el Proyecto tendrá un impacto significativo en la economía de la Isla además de satisfacer una demanda por servicio de agua potable que es imperante en el área.

6.6 JUSTICIA AMBIENTAL

La definición de Justicia Ambiental según la EPA viene a ser la siguiente: “El trato justo y con la participación significativa de personas a pesar de la raza, color, nación de origen, o salario con respecto al desarrollo, implementación, y aplicación de las leyes, regulaciones, y políticas ambientales.” Trato justo significa que ningún grupo de personas, incluyendo raza, etnia, o nivel socioeconómico deba recibir una parte desproporcionada de las consecuencias negativas resultantes de las operaciones industriales, comerciales, y municipales o de la ejecución de programas y políticas federales, locales, y tribales.

Para cumplir con este requisito se ha realizado un análisis de características socioeconómicas comparando la situación del Municipio de Caguas frente a la situación general de Puerto Rico, al igual que la comparación de la situación a nivel de barrios frente a la del Municipio. Este análisis fue realizado siguiendo una metodología de estandarizar las condiciones socioeconómicas por medio de generación de índices.

Metodología

Para la realización de este análisis se desarrollaron índices socioeconómicos tomando en consideración los siguientes parámetros:

1. Ingreso Mediano de Hogar
2. Ingreso *per capita*
3. Hogares bajo el nivel de pobreza
4. Hogares que reciben asistencia pública
5. Hogares que reciben Seguro Social
6. Tasa de desempleo
7. Personas con 9no grado o menos
8. Incidencia de vivienda propia versus alquilada
9. Valor mediano de la vivienda

10. Viviendas con facilidades de cocina y plomería incompletas

Se realizaron dos ejercicios de generación de índices; uno para el Municipio vis a vis con Puerto Rico, y otro para cada barrio del Municipio de Caguas vis a vis el Municipio. Los barrios evaluados fueron los siguientes:

1. Bairoa
2. Beatriz
3. Borinquen
4. Caguas-pueblo
5. Cañabón
6. Cañaboncito
7. Río Cañas
8. San Antonio
9. San Salvador
10. Tomás de Castro
11. Turabo

Los índices se calculan comparando la característica socioeconómica de la unidad más pequeña con la de la unidad mayor. En el caso del análisis del Municipio vis a vis Puerto Rico, la unidad más pequeña lo es el municipio y la mayor es Puerto Rico. Al momento de analizar los parámetros 3, 4, 5, 6, 7 y 10 se tomó el inverso (1/X) de cada valor presentado en los datos censales para estandarizar el índice a que representara que mientras mayor el número, mejor la condición socioeconómica.

Una vez se generó el índice por parámetro, se prosiguió a calcular un índice general para la región bajo estudio por medio de promedios geométricos. Un promedio geométrico se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\left(\prod_{i=1}^n a_i \right)^{1/n} = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n}$$

donde a es el valor de cada índice individual calculado y n es el número de valores dentro del arreglo de datos. Para la comparación de índices, el valor del índice de la unidad mayor siempre será 1. Por ejemplo, si el índice de ingreso per cápita del Municipio de Caguas es 1.05 en comparación con Puerto Rico, quiere decir que el ingreso per capita del Municipio es 5% mayor al de Puerto Rico.

Resultados

El análisis realizado para la comparación del nivel socioeconómico del Municipio de Caguas con el de Puerto Rico demuestra que el Municipio de Caguas en general tiene un nivel socioeconómico superior al de Puerto Rico a una magnitud de aproximadamente 26%.

A continuación en la Tabla 38 se presentan los resultados del análisis a nivel de barrio en comparación con el Municipio en formato tabular para facilitar la visualización de estos resultados. Nuevamente indicamos que aquellos valores sobre 1 significan que el nivel socioeconómico de ese barrio está por encima que el del Municipio.

Tabla 38. Índice y Rango Socioeconómico de Barrios del Municipio de Caguas

Barrio (orden alfabético)	Índice	Rango
Bairoa	1.24	2
Beatriz	0.79	11
Borinquen	0.86	9
Caguas-pueblo	0.87	7
Cañabón	1.42	1
Cañaboncito	1.05	5
Rio Cañas	1.16	4
San Antonio	0.94	6
San Salvador	0.81	10
Tomás de Castro	1.14	3
Turabo	0.87	8

En estos resultados reflejan que en los barrios donde ubica la acción propuesta, Barrios Turabo, Beatriz, Borinquen y San Salvador, aparentan ser desaventajados socioeconómicamente en comparación al resto de los barrios del Municipio.

Con referencia al proyecto propuesto, hay una pregunta clave: Si la localización del Proyecto crea impactos ambientales que afecten desproporcionalmente a grupos

desaventajados, por ejemplo, a comunidades de bajo ingreso. La localización de los diferentes componentes del Proyecto se determina a base de criterios objetivos de ingeniería (como características topográficas, hidrológicas, geológicas, etc.). Desde el punto de vista del impacto social el Proyecto tuvo como objetivo el minimizar los impactos a residencias y comercios, y el mismo se logró con el proyecto propuesto.

Además, el Proyecto no se considera un generador de contaminantes, siendo los materiales a disponer durante la operación del Proyecto los sedimentos que naturalmente provienen de las cuencas del Río Turabo, Quebrada Beatriz y Quebrada de las Quebradillas. En ninguna de estas cuencas se encuentran actividades (industrias, por ejemplo) que puedan contaminar los sedimentos transportados en los ríos. Los sedimentos a ser removidos del Embalse serán descargados en los terrenos inmediatamente aguas abajo del Embalse por primera vez aproximadamente en 100 ó 150 años en el futuro. No se prevén impactos adversos a comunidades desaventajadas por este proceso.

Asimismo, el Proyecto ha sido conceptualizado para minimizar la generación de dichos sedimentos. La configuración del Embalse propuesta en el diseño del Proyecto minimiza el volumen de sedimentos que entran al Embalse como a la planta de filtración. Los lodos removidos por la planta de filtración en el proceso de purificación de agua, actualmente son descargados directamente a la Quebrada de las Quebradillas sin ningún tratamiento. Como parte de las facilidades de la nueva planta se incorporará un sistema de secados de lodos, para luego ser acarreado a un relleno sanitario debidamente autorizado por la JCA.

Además, la acción propuesta, por tratarse de un proyecto de mejoras a la infraestructura de agua representa una vía de crecimiento que deberá contribuir a mejorar la condición socioeconómica de toda el Área de Servicio, según definida, sin que el impacto de la construcción afecte de forma desproporcionada a grupos de bajo ingreso.

El Embalse añadirá un considerable valor estético al área desde el punto de vista paisajista. Sólo habrá una pérdida temporal de valor estético en el área durante las actividades de construcción de la represa y el embalse. Luego de esta etapa el valor estético del área aumentará.

Se concluye que la ubicación de los elementos del Proyecto en los barrios afectados, no constituye una decisión que pueda implicar un discrimen socioeconómico que viole los dictámenes de Justicia Ambiental de la Orden Ejecutiva Num. 12898 del Presidente William J. Clinton.

6.7 IMPACTOS POR EMISIONES DE RUIDO

6.7.1 Ruido Durante Construcción y Medidas de Mitigación

La residencia más cercana al componente de la tubería de aducción es de aproximadamente tres metros y de la PF es de aproximadamente 350 m. No hay zonas de tranquilidad, según definidas por la Junta de Calidad Ambiental, alrededor del predio de la represa ni a lo largo de la alineación de las tuberías. Por lo tanto, no se estima necesario un estudio de ruido formal en esta etapa del Proyecto ya que se espera que los impactos potenciales mayores sean temporeros durante la etapa de construcción. Como mencionado anteriormente, las actividades de construcción de la planta de filtración y su respectiva estación de bombas se encuentran a aproximadamente 0.22 millas (350 metros) de la residencia más cercana, por lo que no se prevé el diseño y construcción de medidas de mitigación de ruido durante la construcción.

El máximo impacto de ruido a ser generado durante la construcción será durante la fase de movimiento de tierra, dado que ésta conlleva la utilización de maquinaria pesada en las áreas del Proyecto. Los receptores más sensitivos en el área del Proyecto serán las residencias localizadas cerca de la ruta de la línea de transmisión de agua cruda como la de agua potable. De acuerdo a lo establecido en la Tabla 11 para una fuente emisora Zona III, y tomando en consideración el horario de operación durante la etapa de construcción, no se espera que el proyecto emita ruidos en exceso a los 65 dB(A) permitidos para receptores residenciales (Zona I). Estos receptores de ruido serán impactados sólo durante la fase de construcción por un periodo no mayor de tres semanas por cada segmento y no se espera que la intensidad de sonido exceda los 75 dB(A). Se implantarán todas las normas correspondientes de control de ruido emitida por la Junta de Calidad Ambiental, incluyendo las siguientes medidas de control:

- Restringir la construcción a horas laborables regulares de 7:00 a.m. a 5:00 p.m., en conformidad con la reglamentación vigente de la Junta de Calidad Ambiental.
- Todo el equipo pesado se mantendrá en funcionamiento óptimo con silenciadores para minimizar el ruido generado.

No se anticipan problemas relacionados con el ruido durante la construcción debido a la localización del Proyecto en áreas lejanas a centros poblacionales grandes u otros posibles receptores de ruido. La alternativa del túnel tampoco representa impactos por emisión de ruidos ya que éste discurrirá a una profundidad máxima de aproximadamente 220 metros por debajo de la superficie.

En la etapa de operación se espera que la fuente más significativa de ruido lo sean la PF y su estación de bombas. Como mencionado anteriormente, la PF y su respectiva estación de bombas se encuentran a aproximadamente 350 metros de la residencia más cercana por lo que no se prevé el diseño y construcción de medidas de mitigación de ruido permanentes.

6.7.2 Ruido Durante la Fase Operacional y Medidas de Mitigación

Una vez construido el Proyecto el único componente con potencial de emitir ruidos es la operación de la PF y la estación de bomba que ésta albergará. Se prevé que el nivel de ruido de la planta no sea apreciable por el oído humano al límite de la propiedad. Además, como mencionado anteriormente, la planta de filtración y su respectiva estación de bombas se encuentran a aproximadamente 0.22 millas (350 metros) de la residencia más cercana. A estos efectos no se prevé en el diseño medidas de mitigación de ruido permanentes.

6.8 TRÁNSITO

6.8.1 Facilidades de Acceso

Las vías a transitar para tener acceso a las diferentes áreas del Proyecto son las carreteras PR-1, PR 765 y PR-786. La localización del Proyecto con respecto a las carreteras se presenta en la **Figura 9**.

6.8.2 Tránsito Durante la Fase de Construcción

La construcción del túnel de aducción, el Embalse, la nueva planta de filtración, y los tanques no obstaculizará el tránsito. Todas las actividades de construcción del Embalse serán dentro del área del proyecto. No se requiere el tránsito de camiones de carga en las carreteras públicas para traer o disponer del material producido por el movimiento de tierra. Se requiere la utilización de camiones pesados solamente para traer materiales y equipo al sitio de construcción (hormigón, acero, tubería, y equipos mecánicos).

Se espera que haya aproximadamente 140 trabajadores en todo el Proyecto (tubería, embalse, planta de filtración). Los viajes generados por estos trabajadores no afectarán las condiciones de tránsito en la zona.

El mayor potencial de impactos al tránsito ocurrirá a consecuencia de la instalación de las líneas de transmisión de agua cruda, si ésta fuera la alternativa ejecutada y las líneas de agua filtrada que discurrirían por las servidumbres de paso de las carreteras. Como parte de la evaluación de las condiciones de tránsito existentes en la zona y los impactos temporeros al tránsito durante la construcción del Proyecto se preparó un estudio de tránsito, incluido como el **Apéndice A**.

En este estudio se concluyó lo siguiente:

1. El proyecto propuesto sólo causará impactos temporeros al tránsito en las carreteras PR-1, PR-765, PR- 766, PR- 761 y PR-786. Los impactos ocurrirán durante la instalación de tuberías.
2. La construcción de desvíos temporeros y la utilización de rutas alternas son recomendadas para mantener el flujo vehicular durante la instalación de tuberías. Los usuarios experimentarán un aumento en retrasos durante la construcción de las tuberías. La configuración esquemática de los desvíos se presentan en **Apéndice A**.
3. El diseño final de los desvíos deben cumplir con los parámetros presentados en: (1) Manual de Señales de Tránsito para las Vías Públicas de Puerto Rico, publicado por el Departamento de Transportación y Obras Públicas de Puerto Rico; (2) Manual de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito en las Vías Públicas de Puerto Rico, publicado por el Departamento de Transportación

y Obras Públicas de Puerto Rico; y (3) “Manual of Uniform Traffic Control Devices”, publicado por la Federal Highway Administration.

4. Las carreteras impactadas deberán ser restablecidas a su condición original una vez se termine la instalación de las tuberías.
5. Durante la construcción se deberá mantener el acceso a las propiedades aledañas a la instalación de las tuberías.
6. En lo posible, los desvíos deberán evitar el impacto a los árboles e infraestructura existente.

Tomando estas medidas de mitigación se puede manejar de una forma adecuada el tránsito en el área del Proyecto.

6.8.3 Tránsito Durante la Fase Operacional

La operación del proyecto propuesto no conlleva aumento en el tránsito vehicular en comparación con la condición actual.

6.9 IMPACTOS EN INFRAESTRUCTURA

6.9.1 Agua Potable

El Proyecto está siendo diseñado para que se construya sin que se interrumpa el servicio de agua potable, con la excepción de interrupciones cortas durante la interconexión de las tuberías. Durante la construcción del proyecto se mantendrá la operación de la PF Caguas Sur

Se hizo un estudio (**Apéndice R**) del impacto potencial del Embalse Beatriz, en conjunto con el propuesto Embalse Valenciano (Juncos) sobre el rendimiento seguro del Embalse Carraízo. Este estudio concluyó que los proyectos propuestos no afectarán el rendimiento del referido embalse. Una discusión más detallada de este estudio se incluye en el **Capítulo 7**.

6.9.2 Alcantarillado

Durante la fase de construcción el servicio de alcantarillado será mediante la utilización de servicios sanitarios portátiles. A lo largo de la Carretera PR-765, a la altura del Sector Villa Borinquen discurren tuberías de alcantarillado sanitario. De construir tuberías, se observarían los parámetros de distanciamiento (horizontal y vertical) entre tuberías potables y sanitarias, de acuerdo a los estándares de la AAA.

Será necesaria la instalación de facilidades sanitarias en la nueva PF para atender principalmente las necesidades de los operadores. Se evaluará la posibilidad de manejar las aguas residuales de los baños y cocina de la planta por medio de pozo séptico, esto si las condiciones son apropiadas y cumplen con el reglamento de Control de Inyección Subterránea de la JCA.

El aumento en producción de agua potable impactará la generación de aguas usadas, en el Área de Servicio del Proyecto. Refiérase al Capítulo 7, Impactos Acumulativos a la Infraestructura de Tratamiento de Aguas Usadas, en la cual se discute este tópico en detalle.

6.9.3 Energía Eléctrica

El Proyecto utilizará energía eléctrica en la toma de agua cruda en el Río Turabo para la operación de válvulas. La utilización de electricidad para este uso es intermitente (varios minutos al día). Se requiere la instalación a una línea eléctrica pero se prevé que no requiera una subestación eléctrica. La toma no requiere la instalación de un generador de emergencia, ya que la operación de las válvulas es intermitente y se pueden operar manualmente. No hay válvulas de operación eléctrica en el Embalse.

La construcción de la PF nueva será el elemento que tendrá un impacto medible al sistema de distribución de energía eléctrica, ya que su operación es continua, y tiene una demanda de aproximadamente 1,200 Kw (información provista por CSA). La estación de bombas propuesta presenta una demanda de energía eléctrica de aproximadamente 600 Kw. El impacto de una planta de esta magnitud se compensa ya que la planta existente dejará de operar y la carga nueva al sistema representa sólo la diferencia entre la carga total necesaria y la carga con la que opera actualmente la PF Caguas Sur.

A lo largo de la PR-765 existe una línea de 38KV que podría suplir energía para las facilidades propuestas. Sin embargo, la determinación final para el punto de conexión eléctrico la determinará la AEE cuando durante el proceso de diseño se le someta una consulta para el punto de conexión, dependiendo de la capacidad de energía en las líneas existentes.

6.9.4 Relleno Sanitario

El Proyecto no tendrá impacto significativo en la capacidad de los rellenos sanitarios. Durante la construcción el contratista será responsable de acarrear todos los desperdicios generados por la misma hasta el Relleno Sanitario. El material producido por la excavación del túnel, si ésta fuera la alternativa seleccionada, podrá ser utilizado o mercadeado como material de construcción por lo que no se espera que esta actividad genere desperdicios sólidos que puedan afectar significativamente la vida útil del relleno sanitario que sea utilizado como destino de disposición final de los desperdicios.

Los lodos a ser generados por la planta de filtración, estimados en 10 toneladas/semana, pueden ser utilizados como material de cubierta diaria en rellenos sanitarios luego de secados. Este material representa un 0.06% del total de desperdicios recibidos en el Relleno Sanitario de Humacao (2,226 ton/día).

6.9.5 Aguas Pluviales

No habrá impacto a la infraestructura de manejo de aguas de escorrentías. Las escorrentías generadas por el Proyecto en las áreas que requerirán impermeabilización (PF), serán descargadas a la Quebrada Beatriz.

6.10 CALIDAD DEL AIRE

6.10.1 Fase de Construcción: Impactos y Medidas de Mitigación

Durante la construcción se implantarán medidas de control de polvo fugitivo utilizando diversas técnicas. La **Tabla 39** presenta los controles recomendados por la EPA para el manejo de polvo fugitivo en proyectos de construcción.

Tabla 39: Medidas de Mitigación para Calidad de Aire durante la Construcción

Fuente de Emisión	Recomendaciones de Medidas de Control
Manejo de Escombros	Reductores de viento, aplicación de agua.
Transportación de Escombros y Material Terrestre	Pavimentación de camino, aplicación de agua, estabilización química
“Bulldózer”	Aplicación de agua
“Pan Scraper”	Aplicación de agua
Corte y Relleno	Reductores de viento, aplicación de agua
Manejo y Transporte del Material de Corte y Relleno	Aplicación de agua, pavimentación, estabilización química
Construcción en general	Reductores de viento, aplicación de agua, pavimentación

La EPA generó una fórmula para estimar la emisión de particulado asociado a actividades de construcción por área geográfica (1.2 toneladas/ acres/mes). Utilizando este dato las emisiones emitidas por la construcción del Embalse sería de aproximadamente unas 176 toneladas por mes. El factor de emisión utilizado es aplicable para áreas de construcción con (1) un contenido de humedad moderado, (2) climas semi-áridos, (3) actividades moderadas de construcción. Debido a que el factor de emisiones es dependiente del total de particulado suspendidos (TPS), el uso del factor para la estimación de materia de particulado (PM) no mayores de 10 µm (PM-10) resultará en estimados conservadoramente altos.

Para poder llevar a cabo un estimado apropiado de emisiones de particulado es necesario obtener un itinerario de obra del Proyecto. Esto permitiría el poder calcular las emisiones a base de tareas propuestas y tiempo de duración.

Para la reducción de emisiones de particulado se utilizarán la mayoría de los controles recomendados por la agencia federal EPA (**Tabla 39**). Se presentará ante la JCA un plan de control de polvo fugitivo (PFE) donde se incluyan las medidas que se implantarán en el Proyecto.

6.10.2 Fase Operacional: Impactos y Medidas de Mitigación

Durante la fase operacional, el Proyecto no generará ningún contaminante atmosférico con la excepción de la operación intermitente del motor de combustión interna de los generadores de emergencia para la operación de la PF en caso de interrupciones eléctricas. Para estimar la emisión de contaminantes criterio a la atmósfera se utilizó una operación de 500 horas por año para cada generador de emergencia y la información provista por el fabricante referente a emisiones totales (m^3/min) y concentración de contaminantes criterios (mg/m^3). Se estimaron las emisiones de los generadores de la planta nueva y la estación de bombas en 40 y 20 toneladas por año respectivamente.

6.11 IMPACTOS A LOS RECURSOS CULTURALES

Se llevó a cabo un estudio de recursos culturales Fase 1A y 1B para toda el área del Proyecto incluyendo la toma, la línea de aguas crudas, el área del Embalse, la localización propuesta de la PF, la estación de bombas y el vertedor del Embalse (spillway). Copia de los estudios de recursos culturales se encuentran en el **Apéndice M** y **Apéndice N**. La ubicación de los recursos culturales se ilustra en la **Figura 20**. Los recursos culturales en el área del Proyecto fueron discutidos anteriormente en la **Sección 2.19**. No se llevaron a cabo estudios de recursos culturales en el transecto del túnel propuesto ya que no se espera que esta alternativa impacte recursos superficiales.

Los estudios Fase 1A consiste en una revisión de literatura y recorrido superficial de campo. Los estudios Fase 1B consisten en un análisis detallado de campo incluyendo la perforación de sondeos arqueológicos para determinar la presencia de evidencia arqueológica. La preparación del estudio de recursos culturales siguió las directrices y guías publicadas en el “Reglamento para la Radicación y Evaluación Arqueológica de Proyecto de Construcción y Desarrollo,” emitida por el Consejo para la Protección al

Patrimonio Arqueológico Terrestre de Puerto Rico, adscrito al Instituto de Cultura Puertorriqueña.

Basado en los hallazgos y la configuración del proyecto propuesto, las siguientes acciones están recomendadas para minimizar y mitigar los impactos a recursos culturales.

- Continuar la documentación de los Sitios de interés arqueológico 1 y 4 (área del Embalse) mediante la ejecución de un estudio Fase II ante el impacto negativo a sus integridades físicas que se ocasionaría con la construcción del proyecto propuesto.
- En una etapa de diseño estudiar la posibilidad de relocalizar la ruta de la línea de transmisión para evitar el impacto al sitio PRCS-20, si fuera la tubería de aducción la alternativa preferida. Si no se puede evitar el impacto se recomienda la documentación del sitio mediante la ejecución de una Fase II.

Los detalles de las recomendaciones y la localización de los yacimientos con respecto a los componentes del proyecto se encuentran en el **Apéndice N**.

6.12 IMPACTOS VISUALES Y ESTÉTICOS

La toma de agua propuesta en el Río Turabo será sumergida, lo que minimizará su impacto visual. El vertedor dentro del río tendrá un impacto visual, el cual será mitigado a cubrir su superficie en piedras para armonizar la estructura con el ambiente.

El mayor impacto visual en un proyecto de esta naturaleza es la represa y el área de excavación del material de relleno. En este caso, el relleno se obtendrá del área a ser sumergido por el embalse a ser creado. La cara aguas abajo de la represa, la cual será visible desde la PR-1 y PR-52, tendrá una capa superficial de suelo la cual permitirá el crecimiento de grama, para así armonizar la estructura con el ambiente visual del área.

La nueva planta de filtros presenta un impacto visual ya que consiste en estructuras de hormigón y elementos mecánicos necesarios para que dicha planta cumpla su función. Estos impactos pueden ser mitigados mediante el diseño arquitectónico. La alternativa

del túnel no presenta impacto visual ni estético alguno y el impacto visual de la instalación de las tuberías será uno temporero ya que luego de instaladas, las condiciones del terreno volverán a ser similares a aquellas previas a la construcción.

El Embalse añadirá un considerable valor estético al área desde el punto de vista paisajista. Sólo habrá una pérdida temporal de valor estético en el área durante las actividades de construcción de la represa y el Embalse, según indicado anteriormente. Luego de esta etapa el valor estético del área aumentará.

6.13 IMPACTOS EN RECURSOS AGRÍCOLAS

El mejoramiento y producción de los pastos existentes en el área es la mejor alternativa para el manejo y uso de estos terrenos, aunque no sea la alternativa con mayor rendimiento económico. Las características presentes en los suelos, como por ejemplo, el alto potencial erosivo, pueden ser controladas utilizando una cobertura vegetal permanente que reduce los riesgos de erosión. Sin embargo, esta práctica no es económicamente viable debido a los costos relacionados con el manejo intensivo de los mismos y la poca extensión de terreno mecanizable en el área.

Las yerbas de pasturas que mayor rendimiento ofrecen bajo manejo intensivo son la yerba Pangola (*Digitaria decumbens*) y la yerba Merker (*Pennisetum purpureum*). La capacidad de acarreo aproximada de estos suelos con los pastos existentes es de 1 vaca/cuerda. Con manejo adecuado y utilización de especies mejoradas se puede aumentar hasta 5 vacas por cuerda.

La capacidad de pastoreo existente representa un ingreso bruto para el agricultor de \$517 dólares por cuerda/año. Bajo pastos mejorados, cada año el agricultor podría vender 2 vacas/cuerda, lo cual representa un ingreso de \$1,292.50/cuerda/año. El costo de establecer una cuerda de pastura mejorada es de \$853.60/cuerda, aproximadamente (sin el costo de los animales, arrendamiento de la finca, infraestructura, etc.). El bajo ingreso obtenido no hace económicamente viable invertir dinero para mejorar los presentes pastos de baja calidad.

Utilizando los suelos nivelados y con pendiente entre 5 a 40% el número total de cuerdas que podría ser utilizado para la siembra de pastos mejorados es de 155 cuerdas. Usando la producción estimada de 600 pacas por cuerda por año a un precio de venta de \$3.00 dólares por paca, el total devengado por el agricultor es de \$1,800 dólares por cuerda. Utilizando el costo aproximado de establecer pastos mejorados de \$853.60 dólares por cuerda, la ganancia por cuerda es de \$946.40 dólares utilizando pastos mejorados y las mejores prácticas de manejo y conservación existentes.

Entre las alternativas agrícolas recomendadas para el predio, la que presenta mejor viabilidad económica para su desarrollo es el cultivo de plátanos. Utilizando una densidad de 1,175 plantas, la ganancia neta por cuerda es de aproximadamente \$2,547 dólares. Prácticas de conservación deben ser implantadas para el manejo adecuado de los suelos con alto potencial erosivo bajo actividades agrícolas.

El desarrollo de empresas agrícolas utilizando sistemas de hidroponía o riego por goteo podrían representar una alternativa para el área propuesta. Sin embargo, estas actividades necesitan invernaderos, líneas para soporte de las plantas, líneas de riego, sistemas de bombeo, tanques para almacenaje de fertilizantes líquidos, equipo electrónico y demás infraestructura necesaria para el desarrollo de éstas. No obstante, un análisis detallado por cultivo y tipo de infraestructura puede ser realizado para conocer su viabilidad económica. Cabe mencionar que el tipo de suelo y sus características no es tomado en cuenta para este tipo de tecnología. El alto grado de tecnología y la considerable inversión inicial, limitan su utilización como alternativas viables en el desarrollo de actividades agrícolas en propiedades que no reciben algún tipo de incentivo gubernamental o están arrendadas.

6.14 MOVIMIENTO DE TERRENO Y CONTROL DE EROSIÓN

El Proyecto requiere el movimiento de unos 1.2 millones de metros cúbicos de terreno para la construcción de la represa en tierra, la construcción de la PF y el vertedor hidráulico. Este material se proveerá del área del mismo embalse. El corte y relleno será balanceado en el Proyecto, para evitar la importación de material de relleno o la

disposición de material sobrante. Se estima que de esos 1.2 millones de metros cúbicos necesarios para la construcción de la represa, aproximadamente 21,000 metros cúbicos provendrán de la excavación del túnel, de esta ser la alternativa de aducción seleccionada.

Se preparará e implantará un Plan CES bajo el reglamento vigente de la Junta de Calidad Ambiental, y un “Stormwater Pollution Prevention Plan (SWPPP, por sus siglas en inglés)” bajo el reglamento vigente de la EPA para obtener el permiso NPDES para la descarga de aguas pluviales durante el periodo de construcción. De igual forma será necesario cumplir con los requisitos del Reglamento del DRNA para regir la extracción y dragado de los componentes de corteza terrestre. La utilización de una charca de retención es el método más efectivo para atrapar sedimentos erosionados del terreno. Para maximizar la eficiencia del control de sedimentos, las escorrentías de las áreas de construcción serán desviadas hacia el área del Embalse de manera que este funcione como trampa de sedimento durante la fase de construcción. De esta manera se minimiza el escape de sedimentos del área de construcción. Asimismo, el excedente que se genere por la instalación de la tubería podría ser utilizado durante la construcción del Embalse.

6.15 MANEJO DE DESPERDICIOS SÓLIDOS

Durante la etapa de construcción y operación de embalse Beatriz se generarán desperdicios domésticos por los empleados. La ADS estima que la generación de desperdicios es de 5.3 lb/cap/día. Durante la etapa de construcción se espera una generación aproximada de 1.86 ton/semanales de desperdicios los cuales serán depositados en contenedores privados y transportados al relleno sanitario que utilice la compañía contratada. Durante la etapa de operación se estima que se generen aproximadamente 111 libras/semana como producto de la operación normal de la PF y se espera se generen aproximadamente 10 ton/semana de lodos producto del filtrado del agua cruda según estimados realizados por CSA.

6.15.1 Fase de Construcción

Los desperdicios sólidos a ser generados durante la construcción del Proyecto se pueden clasificar en tres categorías básicas: (1) capa vegetal y materia resultante de la excavación para la construcción del Embalse; (2) material de excavación removido de las trincheras para instalar las líneas de transmisión y distribución, particularmente la tubería de aducción o el material de excavación removido de la ruta del túnel; y (3) escombros de la construcción.

El Proyecto requiere el movimiento de terreno para la construcción de la represa en tierra, la construcción de la PF y el vertedor hidráulico. El corte y relleno será balanceado en el Proyecto, para evitar la importación de material de relleno o la disposición de material sobrante, según indicado anteriormente. La capa vegetal y el material resultante de la excavación del área a ser inundada por el Embalse, será utilizada para tratamiento paisajista en el área del Proyecto.

Para estimar la cantidad de material vegetativo que se generará como desperdicio se utilizaron los datos publicados por Brown y Lugo, (1984). Estos datos presentan una densidad de biomasa de tallo de 135 toneladas métricas por hectárea para bosque subtropical húmedo, tipo de ecosistema presente en el predio a ser inundado y donde ubicará la nueva planta de filtros y el vertedor hidráulico según Ewel y Whitmore (1973). Según lo antes expuesto se espera que la limpieza del área del Proyecto genere aproximadamente 7,695 toneladas métricas de material vegetativo, basado en un área de inundación de aproximadamente 145 cuerdas.

Se estimó una generación de aproximadamente 9,000 m³ ó 11,800 yd³ de material sobrante a causa de la excavación para la ubicación de la tubería de aducción, si ésta fuera la alternativa seleccionada. El material resultante de la excavación de la ruta de las líneas de transmisión podría ser utilizado para la construcción de la represa si el material es apropiado o para nivelar los alrededores de las mismas áreas y la zona de amortiguamiento, teniendo en cuenta no provocar cambios significativos a los niveles de elevación originales en las rutas de transmisión. El sobrante será depositado en el área del Embalse como parte de las obras de construcción en esta área. De igual forma, el material que sea excavado como parte de la construcción del túnel, si ésta fuera la

alternativa seleccionada, podrá ser utilizado como material de sub-base en construcción de carreteras y con material de relleno. Se estima, para alternativa, una generación de aproximadamente 21,000 metros cúbicos ó 27,500 yardas cúbicas.

Los escombros de la construcción (madera, hormigón, acero, envases, etc.) serán acarreados a un relleno sanitario para su disposición adecuada, en conformidad con lo dispuesto en el Reglamento para el Control de Desperdicios Sólidos Peligrosos y No Peligrosos. El contratista será responsable por el recogido y transporte de los escombros de construcción hacia el vertedero. Se le requerirá al contratista el proveer receptáculos de basura de construcción tanto como proveer áreas adecuadas para el depósito de cualquier escombros que no quepa en los receptáculos (eg. madera y hormigón). Los escombros serán removidos del sitio según sea necesario para evitar su acumulación. No se anticipa que la construcción se utilice materiales considerados peligrosos o tóxicos.

La Ley #411 indica que en toda compañía que tenga más de 10 empleados deberá desarrollar un plan de reciclaje para el manejo de desperdicios reusables. Durante la fase de construcción se debe identificar todo material reciclable, y establecer un plan de manejo de estos desperdicios.

Los únicos desperdicios líquidos que se espera genere este proyecto en su etapa de construcción serán durante la construcción del túnel, de ésta ser la alternativa seleccionada. Dichos desperdicios se componen generalmente de agua subterránea que se infiltra y se contamina con derivados de petróleo asociados a la operación de la maquinaria de construcción. Para el manejo de éstos típicamente se instala en la entrada al túnel un sistema de tratamiento por filtración y absorción. En esta etapa del Proyecto no se puede estimar el volumen a generarse ya que sería necesario estimar la cantidad de agua que se infiltraría en el túnel.

El Proyecto no generará desperdicios líquidos en su etapa de operación excepto en la eventualidad que no sea posible el reciclaje del agua de lavado de filtro por consideraciones operacionales. Para atender esta eventualidad será necesario solicitar un permiso de descarga NPDES para que estas aguas puedan ser dispuestas a la Quebrada Beatriz.

6.15.2 Fase Operacional

Los principales desperdicios sólidos a generarse durante la fase operacional son los lodos producidos en la PF como resultado del filtrado de agua. Estos se estimaron en 10 ton/semana y podrán ser utilizados como cubierta diaria en rellenos sanitarios. La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados se encargará de gestionar el recogido de dichos desperdicios. Se estima una generación de 111 lb/semana de desperdicios domésticos generado por los empleados encargados de la operación.

6.15.3 Dragado del Embalse

Luego de aproximadamente 100 ó 150 años será recomendable la primera remoción de sedimentos del Embalse mediante dragado. Los sedimentos serán dispuestos en los terrenos a adquirirse aguas abajo del Embalse, según se muestra en la **Figura 1**. Dependiendo de las características del material, se podría evaluar la posibilidad de la venta del mismo como material de construcción. Luego de aproximadamente 100 años, a partir del primer evento de dragado, será recomendable dragar el Embalse una segunda vez. Para mantener el volumen original del Embalse, en cada siglo será necesario remover aproximadamente 1.2 Mm³ de sedimentos. En el intervalo de los 100 años entre los dragados, será necesario remover los sedimentos del área de disposición y utilizarlos en otra área como relleno, y de esta manera habilitar el área para el próximo dragado.

El impacto del dragado se minimiza y mitiga por la configuración propuesta (fuera del cauce) para el Embalse, la cual minimiza la acumulación de sedimentos. Una comparación de la frecuencia y volúmenes de dragado entre el Embalse Beatriz y el Embalse Carraízo se muestra en la **Figura 29**. Esta señala la diferencia marcada entre estos dos embalses en términos del impacto de la sedimentación.

6.16 TABLA DE RESUMEN DE IMPACTOS Y SU MITIGACIÓN

La **Tabla 40** presenta un resumen de los impactos ambientales potencialmente asociados con el proyecto, la manera en que el proyecto fue diseñado para evitar o minimizar los impactos, y las medidas de mitigación a implantarse.

Tabla 40: Resumen de Impactos Ambientales Potenciales y Medidas de Control.

Clase de Impacto	Descripción de Impactos Ambientales Potenciales	Medidas de Prevención, Minimización o Mitigación
Caudal en Río Turabo	Extracción de agua del Río puede reducir el caudal mínimo.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El diseño hidráulico de la toma en el río garantiza que siempre se mantendrá flujo mínimo de Q_{99} en el río.
Caudal en Quebrada Beatriz	Embalse disminuirá el caudal de la Quebrada aguas abajo.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proveer válvula en la línea de agua cruda del Río Turabo para proveer flujo mínimo de Q_{99}.
Río Turabo	Desviación temporera del flujo durante la construcción de la toma. Succión de larvas o juveniles en la toma de agua.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se anticipa que este impacto temporero tenga algún efecto en la supervivencia de alguna especie acuática ▪ Extraer agua profunda para minimizar la succión de camarones juveniles.
Barreras a Migración, Río Turabo y Quebrada Beatriz	Un embalse representa una barrera a las migraciones.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El río se encuentra impactado por el Embalse Carraízo aguas abajo. ▪ No hay manera práctica de evitar impactos del Embalse sobre migraciones a lo largo de la Quebrada Beatriz.
Calidad del agua	El Embalse puede alterar la calidad del agua en la Quebrada aguas abajo.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Para evitar la descarga de aguas anaerobias a la Quebrada Beatriz, el flujo mínimo será suplido de la toma del Embalse.
Sedimentación del Embalse	Embalse pierde capacidad con el tiempo, y requiere obras de dragado que son costosas y ambientalmente indeseables.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño de embalse fuera del cauce elimina la mayoría de los sedimentos. ▪ Se proveerá área de disposición de sedimentos de dragado, el cual se prevé ocurra una vez cada 100 años.

Clase de Impacto	Descripción de Impactos Ambientales Potenciales	Medidas de Prevención, Minimización o Mitigación
Geomorfología Fluvial	Embalses convencionales interrumpen transporte del sedimento grueso y pueden promover la incisión del río aguas abajo de la represa.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La toma del Río Turabo no interrumpe el flujo de sedimentos gruesos. ▪ El Embalse Beatriz atraparà la totalidad de los sedimentos gruesos de la Quebrada. Sin embargo, la reducción en los flujos altos reducirà sustancialmente la tendencia de incisión del cauce aguas abajo. ▪ Se colocará piedra gruesa en distintas localizaciones a lo largo del cauce lo que servirá de control vertical.
Humedales	Relleno y destrucción de humedales u otras áreas clasificadas como "Aguas de los Estados Unidos."	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se minimizan los impactos a humedales en el diseño de las líneas de transmisión de esta ser la alternativa preferida. ▪ Los impactos no-evitables asociados con el Embalse se mitigarán según el Plan Integral de Mitigación para los Proyectos Embalse Beatriz y Valenciano.
Relocalización de Estructuras	Construcción de un embalse puede requerir la demolición de numerosas estructuras.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El Embalse y PF nueva no requieren la demolición de ninguna estructura. ▪ La ruta de la tubería se ha seleccionado para minimizar el número de estructuras a ser afectadas. ▪ La alternativa del túnel no impactará estructura alguna.

Clase de Impacto	Descripción de Impactos Ambientales Potenciales	Medidas de Prevención, Minimización o Mitigación
Ruido	Niveles de ruido aumentarán temporalmente en áreas adyacentes a las obras propuestas durante las actividades de construcción.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La residencia más cercana al componente de la tubería de aducción es de aproximadamente tres metros y de la planta de filtración es de aproximadamente 350 m. ▪ No hay zonas de tranquilidad, según definidas por la Junta de Calidad Ambiental, alrededor del predio de la represa ni a lo largo de la alineación de las tuberías. ▪ Se implantarán controles de ruido durante la construcción. ▪ Durante la fase operacional el único componente del Proyecto que generará ruido será la PF y su estación de bomba, las cuales están a unos 350 metros de la residencia más cercana,. No se prevén medidas de mitigación de ruido permanentes.
Tránsito	<p>El Proyecto puede aumentar el nivel de tránsito durante la fase de construcción.</p> <p>El Proyecto puede obstaculizar el tránsito por las carreteras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se prevé que el número de empleados del proyecto (140) reduzca el nivel de servicio de las carreteras. ▪ Se ha elaborado un plan de tránsito para mitigar los impactos de la construcción y mantener acceso a las propiedades. ▪ La alternativa del túnel no impactará el tránsito.
Agua Potable	El Proyecto mejorará el suministro de agua potable en el Área de Servicio.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No hay impacto adverso.
Alcantarillado Sanitario	<p>Paralelas a la alternativa de tubería de aducción discurren tuberías de alcantarillado sanitario.</p> <p>Aumento en la generación de aguas usadas en el Área de Servicio del Proyecto</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se observarán los parámetros de distanciamiento (horizontal y vertical) entre tuberías potables y sanitarias. ▪ Aumento en flujo se atenderá por medio de las mejoras propuestas al sistema regional de alcantarillado sanitario.

Clase de Impacto	Descripción de Impactos Ambientales Potenciales	Medidas de Prevención, Minimización o Mitigación
Energía Eléctrica	El Proyecto puede impactar el sistema eléctrico existente.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Con excepción de la PF, el único requisito eléctrico es para la operación intermitente de válvulas. (no significativa). ▪ La PF será provista de facilidades eléctricas para manejar la carga necesaria.
Impactos Visuales	<p>La toma, la represa y la PF pueden albergar estructuras no armoniosas con el ambiente visual existente.</p> <p>El Embalse añadirá valor estético al área desde el punto de vista paisajista.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La toma será sumergida. ▪ La cara aguas abajo de la represa, la cual será visible desde la PR-1 y PR-52, será sembrada en grama. ▪ Se tomarán consideraciones arquitectónicas para mitigar el impacto visual de la PF.
Impactos Agrícolas	El Proyecto va a afectar terrenos agrícolas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se puede mitigar este efecto. Los terrenos del Proyecto actualmente son en pasto no-mejorado. .

Clase de Impacto	Descripción de Impactos Ambientales Potenciales	Medidas de Prevención, Minimización o Mitigación
Desperdicios Sólidos	Habrá que disponer de lodos de la PF, y eventualmente los sedimentos dragados del Embalse.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Por el diseño del Embalse fuera del cauce, se minimiza la cantidad de sedimentos que entra al mismo y también por ende a la planta de filtración. ▪ Se proveerá un sistema de manejo de lodos en la planta de filtración. ▪ Se proveerá área de disposición de los sedimentos de dragado.
Calidad del Aire	Se puede levantar polvo durante la etapa de construcción. Operación de generadores durante interrupción del servicio eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se implantarán las medidas de control de polvo en el Plan CES. ▪ Sólo se operará en ocasiones que el servicio de la AEE no esté disponible
Recursos Culturales	Estudio de recursos culturales Fase 1A y 1B identificó las áreas de recursos culturales en el área del Proyecto, incluyendo el Embalse.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se diseñará las líneas de transmisión (de ser la alternativa preferida) para evitar impactos. ▪ Se llevará a cabo las medidas requeridas por el Instituto de Cultura Puertorriqueña. ▪ La alternativa del túnel no afectará recursos culturales.
Inundaciones	Las obras en los cauces pueden afectar los caudales máximos y niveles de inundación. En caso de rotura de represa se incrementan los niveles de inundación aguas abajo.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La toma del Río Turabo no aumentará los niveles de la inundación de 100-años más de lo permitido por el Reglamento #13 de la Junta de Planificación. ▪ El Embalse reducirá sustancialmente la magnitud de las crecidas aguas abajo. ▪ El efecto sobre la inundación no es grande en comparación con los escenarios de inundación sin la represa.

Clase de Impacto	Descripción de Impactos Ambientales Potenciales	Medidas de Prevención, Minimización o Mitigación
Flora y fauna terrestre	<p>Las obras de construcción pueden perturbar temporalmente la flora y fauna.</p> <p>La flora y fauna se eliminará permanentemente en el área del Embalse.</p> <p>Se observó la paloma sabanera en los predios adyacentes al Proyecto. El predio posee características de hábitat para la boa puertorriqueña. (Especies en peligro de extinción).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El material a utilizarse en la construcción del Embalse proviene del área a ser sumergida por el lago, minimizando así el impacto en las demás áreas. ▪ Las áreas de construcción que afecten permanentemente a la flora serán mitigadas mediante un plan de reforestación. ▪ La construcción del túnel no conlleva impacto alguno fuera de la toma y el punto de descarga al Embalse. ▪ Se aplicarán Protocolos de Manejos y Conservación para especies en peligro de extinción, en coordinación con agencias concernientes. ▪ Se propone implantación de Plan Integral de Mitigación en conjunto con el proyecto Embalse Valenciano.
Erosión y Sedimentación	<p>El movimiento de terreno asociado con el Embalse puede ocasionar erosión y generar sedimentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se preparará e implantará un plan CES y un SWPPP. ▪ La misma área del Embalse actuará como una charca de detención para el área de movimiento de terrenos aguas arriba de la represa.

7. IMPACTOS ACUMULATIVOS

Impacto acumulativo es definido en el Reglamento para el Proceso de Presentación, Evaluación y Trámite de Documentos Ambientales como el efecto total sobre el ambiente que resulta de una serie de acciones pasadas, presentes o futuras de origen independiente o común.

La Resolución R-02-21-1 de la Junta de Calidad Ambiental señala sobre este tema que deberán considerarse la acción propuesta, las alternativas a la misma y los efectos de cada una de ellas. Los impactos acumulativos deben ser evaluados conjuntamente con los impactos directos e indirectos de cada alternativa. Entre las alternativas debe incluirse la no acción, la cual debe servir como base o punto de referencia para evaluar los impactos acumulativos de las restantes alternativas. Las acciones que deben ser consideradas incluyen no sólo la acción propuesta, sino también todas las acciones conectadas o relacionadas con y similares a dicha acción que puedan contribuir a los impactos acumulativos.

El análisis considera los siguientes: recursos de agua y dinámica de sedimentos, recursos biológicos, usos de terrenos, e infraestructura. El ámbito geográfico para el análisis de los impactos acumulativos asociados a los proyectos propuestos en un horizonte de tiempo previsible, incluyendo el Proyecto Embalse Beatriz, se definió basado en el alcance o límite del recurso en cuestión. Cada recurso, por su naturaleza física o social tiene un límite que puede ser identificado.

La consideración de los impactos acumulativos con relación al Proyecto Embalse Beatriz depende de que el mismo comparta algún recurso particular (e.g. cuenca hidrográfica) con algún(os) otro(s) proyecto(s) propuesto(s) en un horizonte de tiempo previsible.

Se abunda a continuación sobre los límites de los recursos evaluados y los proyectos propuestos en un horizonte de tiempo previsible. En la **Tabla 41** se resumen los recursos evaluados así como los límites o ámbito de éstos.

Los impactos acumulativos sobre los recursos fueron evaluados tomando en consideración los proyectos que han sido radicados ante la Junta de Planificación desde el año 2001 hasta el año 2006 (agosto) que ubican dentro de la cuenca hidrográfica del Río Grande de Loíza. Esto responde a que es la cuenca hidrográfica del Río Grande de Loíza el ámbito geográfico más amplio de todos los recursos estudiados, según se puede observar de la **Tabla 41**. Los siguientes proyectos, uno de ellos de naturaleza similar al Embalse Beatriz, han sido propuestos recientemente, o serán propuestos próximamente, por la AAA en la referida cuenca:

- Embalse Valenciano - Este es un embalse que se propone en los Municipios de Juncos y las Piedras. El mismo consiste en una represa en el cauce del Río Valenciano, cuerpo de agua que abastecerá al embalse de mismo nombre. Este proyecto ha sido presentado ante la Junta de Planificación.
- La Barra y La Mesa: Este proyecto comprende mejoras al sistema de suministro de agua de los sectores de La Barra y La Mesa en el municipio de Caguas e incluye la instalación de tubería, una Estación de Bombeo, un tanque de distribución y los trabajos de instrumentación y sistemas eléctricos necesarios.
- Troncal Sanitaria San Lorenzo - Caguas - Este proyecto elimina la Planta de Tratamiento de Aguas Usadas (PTAU) de San Lorenzo, la sustituye por una estación de bombas que dirigirá esta agua hacia la PTAU Regional de Caguas, la cual tiene un nivel de tratamiento terciario. El proyecto fue aprobado por la Junta de Planificación.
- Troncal Sanitaria Aguas Buenas - Caguas - Este proyecto elimina la PTAU de Aguas Buenas y las Carolinas. Las aguas colectadas por esas plantas y comunidades adyacentes es transmitida a la PTAU Regional de Caguas. El proyecto fue presentado ante la Junta de Planificación.
- Laterales Sanitarios - Sector El Hato - Este proyecto propone la construcción de un sistema sanitario para las comunidades Villas del Hato y Parcelas del Hato. El sistema descargará a la Estación de Bombeo de Portal del Sol.

Se excluyeron aquellos que han sido denegados o que han sido archivados por falta de interés, así como aquellos casos que consisten en transacciones gubernamentales de terrenos. Se presume que todos los proyectos radicados tienen el potencial de ser aprobados. La información sobre estos proyectos se obtuvo de los expedientes de la Junta de Planificación de Puerto Rico.

Cabe notar que varios de estos proyectos, presumiblemente aquellos que tienen más tiempo de haber sido radicados pueden estar construidos al presente, por lo que su impacto puede en efecto haber ocurrido o estar ocurriendo. El ámbito de la cuenca hidrográfica, dividida en subcuencas, trasciende los límites de varios municipios. El análisis considera este hecho.

Tabla 41. Recursos Evaluados en el Análisis de Impactos Acumulativos

	Recursos de Agua Superficial			Aguas Subterráneas	Usos de Terrenos	Recursos Biológicos		Infraestructura
	Variaciones en el flujo	Dinámica sedimentos	Calidad de Agua			Terrestres	Acuáticos y Ribereños	
Ámbito del recurso	Cuenca hidrográfica Río Grande de Loíza	Cuenca hidrográfica Río Grande de Loíza	Cuenca hidrográfica Río Grande de Loíza	Cuenca del Río Turabo	Área de Servicio Municipio de Caguas	Áreas urbanizadas alrededor de los terrenos del embalse propuesto. (PR-52, PR-1, Casa Encalle Sin Salida y PR-763.)	Subcuenca del Río Turabo y Quebrada Beatriz	Sistema de alcantarillado sanitario en el Área de Servicio del proyecto propuesto.

7.1 AGUA SUPERFICIAL

En el análisis de impactos acumulativos sobre los recursos de agua, el tema fue dividido en tres discusiones: variaciones en el régimen de flujo, sedimentación y calidad de agua. El criterio espacial de inclusión seleccionado fue la cuenca hidrográfica (Río Grande de Loíza) debido a que es a esta escala donde operan los procesos naturales que controlan la estructura y función de ríos y estuarios. Por ejemplo, un proyecto que impacte la hidrología de un cuerpo de agua, como una toma de agua o una canalización, va a tener efectos indirectos río arriba y río abajo del área de impacto directo. La cuenca hidrográfica permite estudiar estos impactos ya que esta unidad espacial está definida sobre una base estrictamente hidrológica y topográfica que define la conexión entre un área determinada y los patrones de drenaje.

El Proyecto está dentro de la cuenca hidrográfica del Río Grande de Loíza. El Río Turabo, Quebrada Beatriz, Quebrada Sonadora y Quebrada de las Quebradillas, que nutrirán el Embalse y la planta de filtración propuestos ubica particularmente en la Subcuenca del Río Turabo. En la **Tabla 42** se resumen los proyectos radicados en la Junta de Planificación. Además, según se discute en la introducción a esta sección de Impactos Acumulativos, varios proyectos han sido propuestos en la referida cuenca por la AAA, uno de ellos de naturaleza similar al Embalse Beatriz.

Tabla 42. Resumen de Tipos de Consultas de Ubicación Radicadas en la Cuenca Hidrográfica del Río Grande de Loíza (2001-2006)

Sub-cuenca	Comercial	Gubernamental	Industrial	Institucional	Mixto - Condo / Hotel y Res	Mixto Ind/Com	Mixto - Res / Comercial	Mixto Tur/Com	Recreativo	Relocalización quebrada	Residencial	Servicios	Total
RGL Represa	4	3	6	1	1	0	0	0	0	1	81	4	101
Río Gurabo	3	0	3	2	0	3	1	1	1	0	55	3	72
Río Caguitas	3	0	3	2	0	0	1	0	1	0	32	2	44
RGL	3	1	3	1	0	1	1	0	3	0	16	2	31
Río Turabo	2	1	1	0	0	0	0	0	1	0	8	1	14
Río Cayaguas	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	25	0	26
Río Bairoa	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	16	0	21
Río Valenciano	2	0	3	2	0	0	0	0	1	0	5	2	15
Río Cañas	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	7	1	13
Río Canovanillas	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	4
Río Emajagua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
Qda Maracuto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3
Río Canóvanas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
TOTAL	20	5	24	9	1	6	4	1	8	1	253	16	348

Fuente: Junta de Planificación, casos radicados (2001-2006)

7.1.1 Variación en el Régimen de Flujo

La alteración en los patrones de flujo en la cuenca del Río Grande de Loíza es un potencial impacto acumulativo asociado con el Embalse Beatriz y el propuesto Embalse Valenciano. A continuación se discuten los posibles impactos originados por los cambios en las condiciones de flujo en la cuenca mencionada.

Reducción en las Condiciones de Flujo

La acción de represar un río conlleva una disminución en su flujo aguas abajo de la represa. Un potencial impacto acumulativo asociado con la disminución del flujo, es la disminución del rendimiento seguro de los sistemas de extracción de agua localizados aguas abajo, particularmente por el proyecto propuesto y el Embalse Valenciano. En la Sección 6.4.1 Ecosistemas Acuáticos: Impactos y Medidas de Mitigación se discute el flujo mínimo (Q_{99}) en función de la vida acuática y el posible efecto sobre ésta por dicha reducción en el flujo.

La AAA opera (16) plantas de filtración de agua en la cuenca del Río Grande de Loíza, de las cuales cinco (5) plantas de filtración pudieran ser afectadas por la operación de los embalses propuestos. Estas son: PF Caguas Norte, PF de Gurabo, PF de Carolina y la PF de Sergio Cuevas.

El análisis del caudal bajo se llevó a cabo en las siguientes localizaciones: (1) En el Río Turabo en el lugar donde se ubicará la toma de agua; y (2) la Q. Beatriz en el lugar donde se ubicará el Embalse. Se determinó la condición del flujo existente (pre-proyecto) y pos-proyecto a base de los datos de la estación de aforo del USGS inmediatamente aguas abajo del sitio donde ubicará la toma propuesta en el Río Turabo (estación 50053025). Mediante una correlación de la lluvia promedio y el área de cuenca, se estimó los flujos a lo largo del Río Turabo. Los resultados de este análisis están resumidos en la **Tabla 43**, y también en la **Figura 30**.

Tabla 43: Relación de Flujos Bajos en el Río Turabo en el Sitio de la Toma Propuesta, m^3/s .

Descripción del Flujo	Pre-proyecto	Pos-proyecto	Cambio, %
<u>Río Turabo en la Toma Propuesta:</u>			
Flujo mínimo	0.09	0.06	33
Excedido 99% del tiempo (Q_{99})	0.12	0.06	50
Flujo Promedio Anual	0.62	0.31	50

Un análisis fue realizado por la firma CSA en la PF de Gurabo como parte del estudio de impactos acumulativos para la Declaración de Impacto Ambiental Preliminar del Proyecto Embalse Valenciano. La PF de Gurabo se ubica aguas abajo de dos (2) estaciones de aforo operadas por el USGS (50056400 y 50056550) y una estación aguas arriba operada por la misma agencia (50066600). Esta evaluación indica que el Proyecto Embalse Valenciano podría atenuar la confiabilidad de esa fuente en aproximadamente 1.1%. Sin embargo, ese potencial efecto es aminorado por el incremento en la capacidad de almacenamiento, como resultado del Embalse Valenciano y el Embalse Beatriz.

El Embalse Beatriz y el Embalse Valenciano no pretenden modificar la operación del Embalse Carraízo, por lo tanto, no se percibe ningún impacto adverso sobre el rendimiento de la toma de agua de la PF de Carolina. Esa toma es subterránea, y se localiza en un acuífero bajo el lecho del Río Grande de Loíza, aguas abajo del Embalse Carraízo, la misma se alimenta de las afluentes aguas abajo de la represa, los cuales no se alterarán por los proyectos señalados anteriormente.

Para estimar el posible efecto que los embalses propuestos tendrían en el rendimiento seguro del Embalse Carraízo, se realizó un estudio de impacto acumulativo (**Apéndice R**), tomando en consideración los proyectos antes mencionados. Este estudio concluye lo siguiente:

- El rendimiento a largo plazo del Embalse Carraízo fue calculado en 63 mgd basado en volumen de almacenaje correspondiente al año 2007 de 16.3 Mm³ y el evento crítico de sequía del 1967-1968. Con propósitos de comparación y usando la misma metodología, el rendimiento seguro de Carraízo basado en el evento de sequía del 1994-1995 se calculó en 78 mgd.
- Sin tomar en consideración flujos de retorno como producto de las descargas de aguas tratadas entrando a Carraízo, se estimó que el rendimiento seguro de este Embalse se reduciría en una magnitud de aproximadamente 6.8 mgd.
- Se estima que el caudal de aguas tratadas entrando al Embalse Carraízo aumente entre 10.8 mgd y 14.2 mgd para los años 2010 y 2025 respectivamente.

Tomando en consideración el peor de los casos el cual se define para estos propósitos como un racionamiento de un 50% de reducción en el suministro de agua potable, la descarga de agua sanitaria tratada al Embalse Carraízo para el año 2025 (7.1 mgd) sería mayor que la reducción en rendimiento seguro que se estimó para Carraízo (6.8 mgd).

En conclusión, la construcción de los Embalses Beatriz y Valenciano no se espera disminuyan el rendimiento seguro del Embalse Carraízo.

Otro impacto acumulativo previsible por la reducción en el flujo, es la disminución en la capacidad de asimilación de las cargas de contaminantes procedentes de fuentes precisas y dispersas.

- Las fuentes precisas de contaminación son aquellas que descargan o pueden descargar contaminantes directamente a un cuerpo de agua. Son puntos de descargas discernibles, confinados y fácilmente identificables; por lo general relacionados a facilidades industriales, plantas de tratamiento de aguas y sistemas de alcantarillado combinado (aguas pluviales y sanitarias) que pueden desbordarse durante periodos de alta precipitación.
- Las fuentes dispersas de contaminación representan el problema de calidad del agua más relevante en Puerto Rico. La contaminación de los cuerpos de agua por fuentes dispersas ocurre cuando escorrentías pluviales o de sistemas de irrigación arrastran contaminantes en su ruta hacia los cuerpos de aguas superficiales o acuíferos.

Al presente se llevan a cabo iniciativas dirigidas a mejorar la calidad del agua y además se proponen otras iniciativas como parte del proyecto propuesto. Las mismas se describen a continuación:

- La AAA en conjunto con la EPA, JCA y el Departamento de Salud de Puerto Rico, han comenzado esfuerzos dirigidos a mejorar la calidad de agua en la cuenca del Río Grande de Loíza. Estos incluyen el desarrollo de límites de Total Máximo de Descarga Diaria (TMDL's por sus siglas en inglés), para estimar la

cantidad de contaminante que un cuerpo de agua puede recibir y todavía cumplir con los estándares de calidad de agua.

- La implantación de un programa de manejo de cuenca integral que incluya esos esfuerzos para controlar la contaminación y mantener el flujo mínimo necesario que permita la asimilación de esas cargas de contaminantes serán importantes para atenuar el impacto potencial que pudieran tener los proyectos en conjunto sobre la calidad del agua.

Incremento en las Condiciones de Flujo

Los impactos acumulativos de los proyectos presentados, en conjunto con los proyectos de infraestructura de aguas enumerados al principio de esta sección, y la PF propuesta, aumentarán la impermeabilización del terreno en la cuenca el cual podría resultar en un aumento de escorrentías aguas abajo. Para evitar impactos acumulativos negativos aguas abajo, los proponentes y desarrolladores deberán implantar medidas estructurales de manejo de escorrentías pluviales en cumplimiento con el Reglamento Número 3 de la Junta de Planificación y demás reglamentos aplicables, según requerido.

El impacto directo del Embalse será favorable con respecto a la reducción en las crecidas. El impacto de las demás acciones no ha sido analizado en detalle, ya que este nivel de análisis hidrológico-hidráulico va más allá de los estudios presentados en esta DIA-P. Sin embargo, se puede concluir que la condición de impacto acumulativo con el Embalse será mejor que la condición sin el Embalse, por su efecto de reducir el caudal máximo de la inundación aunque éste no es el propósito de la construcción del mismo. Sin embargo, dicho efecto no será suficientemente significativo como para reducir los problemas de inundación que existen aguas abajo del proyecto en la Ciudad de Caguas.

7.1.2 Transporte de Sedimentos

En la presente discusión se clasifican los sedimentos en dos grupos, finos y gruesos.

- Los sedimentos finos se componen de limo y arcilla, y básicamente son los sedimentos cuyo tamaño es tan pequeño que no se puede distinguir granos individuales, sin la ayuda de una lupa.

- Los sedimentos gruesos consisten en arena y materiales más grandes (gravas y piedras). Los tamaños de los sedimentos se presentan en la **Tabla 44**.

En Puerto Rico se estima que aproximadamente el 90% de los sedimentos transportados por los ríos son sedimentos finos; solamente el 10% o menos son sedimentos gruesos.

Tabla 44: Tamaños de los Sedimentos

Nombre del Sedimento	Nombre en Inglés	Diámetro	
		(mm)	phi (ϕ)
Arcilla	Clay	0.00024 - 0.002	de -12 a -9
Limo	Silt	0.002 - 0.062	De -9 a -4
Arena	Sand	0.062 - 2	De -4 a 1
Gravilla	Gravel	2 - 64	de 1 a 6
Piedra	Cobble	64 - 256	de 6 a 8
Bolos	Boulders	256-4096	De 8 a 12

Los sedimentos en los ríos se transportan mediante suspensión o por el arrastre de sedimentos gruesos que ruedan o brincan a lo largo del lecho. Los sedimentos en suspensión consisten de particulados finos, limo, arcilla, y durante crecidas, arena. La carga de arrastre consiste, durante flujos menores, en arenas, y en las crecidas, en materiales encontrados naturalmente en el lecho del río de todos los tamaños.

El aporte mediante erosión, y el aumento en el transporte de sedimentos finos en los ríos, se considera un impacto adverso. Algunos de estos impactos se resumen a continuación:

1. Pérdida de la capacidad de los embalses por sedimentación.
2. Sedimentación en el ambiente marino, impactando particularmente los arrecifes de coral y reduciendo la claridad de las aguas costeras.
3. El depósito de sedimentos sobre las propiedades durante crecidas aumenta los daños.
4. Los sedimentos en suspensión reducen la claridad del agua y su valor recreativo.

La turbiedad en los ríos afecta los procesos fisiológicos de las especies acuáticas. Además, al llenarse los lechos de los ríos de sedimentos se reduce el hábitat disponible para la etapa de larva de los insectos, los cuales forman parte fundamental en la cadena alimenticia acuática. Concentraciones altas de sedimentos pueden tener efectos letales en los organismos acuáticos ya que interfieren con los procesos de respiración.

Por otro lado, en Puerto Rico se considera el aporte de sedimentos gruesos en los ríos como un impacto favorable. Esto es así, ya que la mayor parte de los sedimentos gruesos han sido minados de la mayoría de los ríos en la Isla para sostener la industria de la construcción. Como consecuencia, el cauce del Río Turabo carece de un volumen significativo de sedimentos gruesos. Un operador de gravero entrevistado por Greg Morris previo al 1990 relató que él y otras compañías habían removido cantidades cuantiosas de sedimentos del Río Turabo durante la construcción de proyectos urbanos en Caguas. La falta de material de agregado grueso de los ríos representa un problema para la industria de construcción.

Los sedimentos gruesos conforman el lecho del río, y la remoción de éstos desestabiliza la configuración geomórfica del río y acelera los procesos de erosión de riberas. La remoción de sedimentos gruesos que ha ocurrido en el Río Turabo se evidencia en su cauce atrincherado y riberas altas expuestas a las fuerzas hidráulicas.

Los proyectos propuestos en la cuenca, el Embalse Beatriz y el Embalse Valenciano, por su naturaleza y por su localización aguas arriba del Embalse Carraízo, capturarán hasta aproximadamente 91,000 m³/año de sedimentos que de otra manera llegarían al Embalse Carraízo, según el Estudio de Rendimiento de Sedimentos (**Apéndice E**) y se confirma en el estudio de sedimentación realizado para el proyecto Embalse Valenciano. Esto se espera reduzca la tasa de sedimentación histórica de este embalse (307,500 m³/año) en aproximadamente 30%. Esta reducción se traducirá en un impacto acumulativo positivo en la vida útil del Embalse.

Como parte de los proyectos Embalse Beatriz y Embalse Valenciano se propone la implementación de planes integrales de manejo de las cuencas de los ríos Turabo y Valenciano, respectivamente, que entre otros tiene el objetivo de minimizar el transporte de sedimentos en las referidas cuencas. Se anticipa que la implantación de estos planes

no sólo tendrán un efecto positivo directo en los embalses propuestos, sino también un efecto indirecto positivo en el Embalse Carraízo, en comparación con la condición actual, ya que los sedimentos que dejen de llegar a los embalses propuestos, tampoco llegarán al Embalse Carraízo, Refiérase a la **Sección 6.3.9** donde se amplía sobre alcance del Plan de Manejo para la Cuenca Hidrográfica del Río Turabo.

7.1.2.1 Sedimentos Finos

Se anticipa que el proyecto propuesto acumulará las siguientes cantidades de sedimentos finos según se describe en el **Apéndice E**.

Sedimentos finos desviados del Río Turabo y atrapados	4,458 ton/año
Sedimentos finos y gruesos atrapados de la Q. Beatriz	<u>8,224</u>
Total del sedimento fino atrapado	13,115

La tasa de erosión es siempre mayor que el rendimiento de sedimento porque, entre el punto de erosión y cualquier otro punto aguas abajo, existen oportunidades para la sedimentación del material erosionado. Por esta razón el rendimiento específico de sedimento, o sea el rendimiento en toneladas por cada kilómetro cuadrado, también disminuye en dirección aguas abajo. Como resultado, no se puede decir que el volumen del sedimento atrapado en el Embalse Beatriz es el mismo volumen de sedimento que ahora no va a entrar al Embalse Carraízo. La reducción del aporte de sedimentos a Carraízo se estimó de la siguiente manera:

- Para Embalse Beatriz, la reducción del aporte de sedimentos es igual al porcentaje del área de la cuenca tributaria al Embalse Carraízo (538 km²) que se encuentra aguas arriba de Embalse Beatriz (11.7km²) 2.1%
- Para la toma del Río Turabo, la reducción del aporte de sedimentos es igual al 0.4%

porcentaje del área de la cuenca tributaria al Embalse Carraízo (538 km²) que se encuentra aguas arriba de la toma (18.5 km²), multiplicado por el porcentaje de la carga total de sedimento fino en el Río Turabo que se desvía hacia el Embalse Beatriz.

- Reducción en el aporte de sedimentos hacia el Embalse Carraízo 2.5%

7.1.2.2 Sedimentos Gruesos

La toma de agua propuesta para el Río Turabo no afectará el flujo de los sedimentos gruesos a lo largo del Río. Sin embargo, la represa en la Quebrada Beatriz atraparà la totalidad de los sedimentos tributarios al Embalse. Los impactos sobre el cauce de la Quebrada Beatriz serán minimizados por la reducción en las descargas máximas a consecuencia de la detención de aguas de crecidas por el Embalse, antes presentado en la **Tabla 32**.

El fondo de la Quebrada Beatriz contiene tanto arena como material de mayor tamaño. Dichos materiales gruesos depositados funcionan como coraza (“armoring”) protegiendo el lecho de erosión. En el área aguas abajo del Embalse, el material grueso el cual formará la coraza tiene la siguiente característica: $d_{50} = 30$ mm.

Utilizando la metodología descrita por Shields (Graf, 1984) se estimó el flujo requerido para movilizar el material grueso en el lecho del río aguas abajo del Embalse en aproximadamente 57 m³/s (2,000 ft³/s). La frecuencia de los flujos que pueden movilizar los sedimentos gruesos de la Quebrada Beatriz se estimaron para la condición existente y propuesta. Para la condición existente un caudal de 57 m³/s puede ocurrir como consecuencia de un evento de 100 mm (4.0 pulgadas) de lluvia en 24 horas. Sin embargo, con el embalse construido se requerirá mayor precipitación, unos 150 mm/d (5.9 pulgadas/d), para alcanzar el mismo caudal. Se calculó el intervalo de recurrencia

de precipitación utilizando la estación de Cidra como estación base. Los resultados se presentan resumidos a continuación:

Caudal requerido para movilizar sedimento grueso	57 m ³ /s
Precipitación diaria requerida, condición pre-proyecto	100 mm/d
Condición pre-proyecto, intervalo de recurrencia	2.3 años
Precipitación diaria requerida, condición pos-proyecto	150 mm/d
Condición pos-proyecto, eventos por cada década	4.6 años

Se concluye que la construcción de la represa resultará en un proceso lento de atrincheramiento del lecho de la Quebrada. Este proceso se puede mitigar colocando piedra gruesa en distintas localizaciones a lo largo del cauce sirviendo de control vertical, como forma de protección del cauce de la Quebrada Beatriz y así minimizar los posibles efectos en el ecosistema.

El Río Turabo en el área donde desemboca la Quebrada Beatriz ha sido canalizado, y ahora no transporta sedimentos gruesos debido al diseño de la canalización. Es decir, la canalización actúa como una trampa para el material grueso. La reducción en la contribución de material grueso de la Quebrada Beatriz al Río Turabo ya ha sido interrumpida debido a la canalización por lo que el impacto de la represa será menor.

Los proyectos que típicamente afectan el aporte de sedimentos gruesos se identifican en la **Tabla 45**.

Tabla 45: Actividades que Afectan el Aporte de Sedimentos Gruesos

Actividad	Aporte de Sedimentos Gruesos en el Cauce	Probabilidad Futura ^{a/}
Extracción de agregados (áridos)	Disminuye	Baja
Erosión de riberas	Aumenta	Alta
Construcción de embalses/charcas	Disminuye	Mediana
Canalizaciones	Disminuye	Mediana

Actividad	Aporte de Sedimentos Gruesos en el Cauce	Probabilidad Futura ^{a/}
Limpieza de cauce	Disminuye	Baja
Relleno de planicie inundable	Disminuye	Alta
Impermeabilización del terreno	Disminuye	Alta

^{a/} Probabilidad de que ocurra en el área de estudio, la Quebrada Beatriz o el Río Turabo. Estas probabilidades responden a los análisis de tendencias.

La construcción de charcas de detención de aguas pluviales tiene el mismo impacto que un embalse en atrapar sedimentos gruesos de su área tributaria. En contraste, estas charcas son relativamente ineficientes como trampas de los sedimentos finos debido a su corto tiempo de retención. Las canalizaciones y las “limpiezas” remueven sedimentos del cauce. Tanto un tramo canalizado como un tramo de río que ha sido “limpiado” representan una trampa de sedimentos.

Igualmente, lo mismo ocurre con la impermeabilización del terreno, lo cual aumenta la magnitud y frecuencia de las crecidas que transportan sedimentos. Comúnmente éste es el factor causante de la socavación e incisión de los lechos de los ríos que drenan áreas urbanas.

El atrincheramiento del río acelera este proceso de degradación aún más porque las fuerzas hidráulicas quedan “atrapadas” dentro del cauce en vez de disiparse sobre la planicie inundable.

De los factores presentes y enumerados en la **Tabla 45**, el único proceso que aumenta la cantidad de sedimentos gruesos en el río que podría estar asociado al Proyecto, es la erosión de las riberas. Sin embargo, la estabilización de las riberas reducirá y eventualmente eliminará esta fuente de sedimentos. A largo plazo el Río Turabo seguirá perdiendo los sedimentos de su lecho, y seguirá con la tendencia de socavar su base y erosionar sus riberas, independiente de las actividades relacionadas al proyecto propuesto, ya que la canalización existente a lo largo del Río Turabo funciona como una trampa de sedimento grueso.

Ante la premisa de que no se llevará a cabo la extracción de material del lecho de la Quebrada Beatriz, no se vislumbra ninguna otra actividad fuera de la construcción del

Embalse que pudiera afectar el suplido de sedimentos o las fuerzas erosivas por la Quebrada.

7.1.3 Calidad de Agua

Los impactos acumulativos de los proyectos presentados radicados ante la JP, en conjunto con los proyectos de agua enumerados al principio de esta sección, y la PF propuesta, podrían representar un aumento en el riesgo de contaminación de los cuerpos de agua de la cuenca del Río Grande de Loíza. Esto es así debido a la presencia de fuentes dispersas y precisas de contaminación, según definidas anteriormente.

El exceso de contaminantes y/o nutrientes deteriora la calidad del agua y podría incrementar la actividad biológica o eutroficación en el Embalse Carraízo y los dos embalses propuestos. Este proceso está asociado esencialmente a reducidas concentraciones de oxígeno disuelto y al crecimiento excesivo de algas.

El Embalse Beatriz, al igual que el propuesto Embalse Valenciano, no representa una potencial fuente dispersa de contaminación. Sin embargo, conllevan la descarga de los efluentes tratados del sistema de tratamiento de lodos. Esta descarga deberá cumplir con los estándares de calidad de agua estatales y los requisitos del programa NPDES de la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés).

Según señalado anteriormente, al presente se han comenzado esfuerzos Interagenciales (AAA, EPA, JCA y Departamento de Salud) conducentes a mejorar la calidad de agua en la cuenca del Río Grande de Loíza. Estos incluyen la determinación de las Cargas Diarias Máximas Totales (TMDL's por sus siglas en inglés) para aquellos cuerpos de agua en la referida cuenca que no cumplen o que no pueden mantener los estándares de calidad de agua aplicables (Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority, 2006). Este es un elemento de gran importancia dentro de las estrategias de manejo de cuenca.

El Embalse Beatriz, así como el propuesto Embalse Valenciano proponen a su vez la implantación de un plan integral de manejo en las sub-cuencas de los ríos Turabo y Valenciano, respectivamente. Se prevé que la implantación de estos planes no sólo tendrán un efecto positivo directo en los embalses propuestos, sino también un efecto indirecto positivo en el Embalse Carraízo, en comparación con la condición actual, según

se ha indicado anteriormente Refiérase a la **Sección 6.3.8** donde se amplía sobre alcance del Plan de Manejo de la Cuenca del Río Turabo.

Además, los esfuerzos independientes, de parte de todos los desarrollos existentes y los proyectos propuestos en dichas subcuencas serán importantes en evitar mayores impactos por fuentes dispersas y precisas de contaminación. Estos esfuerzos, deben incluir entre otros, el cumplimiento con la implantación de medidas dirigidas a evitar la contaminación al subsuelo y las aguas pluviales como:

- Planes de Prevención de Derrames (SPCCP, por sus siglas en inglés),
- Planes de Prevención de Contaminación de Aguas Pluviales (SWPPP, por sus siglas inglés), y
- Planes para el Control de la Erosión y Prevención de la Sedimentación (CES).

Otros factores que pueden afectar la calidad del agua son las variaciones en el flujo, la sedimentación y el uso del terreno, esos impactos fueron considerados separadamente y discutidos en las secciones previas, a excepción del último tema.

7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

El ámbito de análisis de aguas subterráneas es la cuenca del Río Turabo. La cuenca del Río Turabo se encuentra dentro del valle Caguas-Juncos, específicamente en el subárea de Caguas. Dentro de este valle aluvial se encuentran, además del Río Turabo, los ríos Cagüitas, Bairoa, y Río Grande de Loíza. La sub área de Caguas se caracteriza por ser un área amplia de pendientes empinadas e irregulares con elevaciones que fluctúan entre 45 y 150 m snm.

La cuenca del Río Turabo está compuesta principalmente por formaciones de lava volcánica y roca plutónica aguas arriba de la toma propuesta y por depósitos aluviales hasta la confluencia del Río Grande de Loíza.

En la **Tabla 46** se muestra un resumen de los proyectos presentados ante la Junta de Planificación que ubican dentro de la subcuenca hidrográfica del Río Turabo, o área de

análisis determinado, en la que se encuentra el área del embalse propuesto por el Proyecto.

Tabla 46. Resumen de Proyectos Presentados ante la Junta de Planificación que Ubican dentro de la Subcuenca Hidrográfica del Río Turabo.

Número De Caso	Descripción	Área (cuerdas)	Zonificación
2006-46-0381-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto comercial de 30,456.55 p2 de construcción consistente de locales comerciales	2.50	RD
2006-46-0316-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto comercial de 45,000 p2	0.75	UR-3
2001-46-0393-JGU-T	Ubicación y transacción para proyecto de estación de bombas de Cagüax	1.04	R-0
2003-46-0765-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto comercial consistente en distribución al por mayor de productos farmacéuticos de 50,000 p2 de construcción	3.83	UR-3
2001-46-0987-JGU-T	Ubicación de proyecto recreativo de lago artificial y parque pasivo	49.67	UR-1
2006-46-0100-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto residencial mixto de 194 unidades (98 unifamiliares con cabidas de 375.00 m2 y 96 multifamiliares)	26.83	RA-2
2005-46-0867-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto residencial unifamiliar de 299 unidades con cabidas de 375.00 m2 (y 1 remanente)	50.00	RA-1
2005-46-0154-JGUT-ISM	Consulta para la ubicación de proyecto residencial unifamiliar de 10 unidades con cabidas de 1,965 m2	10.09	RD
2003-46-0095-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto residencial de 324 apartamentos	16.90	RA-3
2005-46-0284-JPU-MA	Consulta para la ubicación de residencial multifamiliar de 408 apartamentos	25.58	RA-3
2005-46-0057-JPU-	Consulta para la ubicación de proyecto residencial multifamiliar	26.58	RA-3

Número De Caso	Descripción	Área (cuerdas)	Zonificación
MA	de 184 apartamentos		
2003-46-1079-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto residencial de 46 solares de 900 m ²	47.17	RA-3
2002-46-0852-JPU-S	Consulta para la formación de 9 solares con cabidas de 400 a 1,000 m ²	5.64	SRC
2001-46-0083-JGU-T	Ubicación y transacción de terrenos	0.09	UC-1

De la tabla anterior se observa que no se proponen proyectos que incidan directamente sobre el Río Turabo, como sería un proyecto de canalización u otro de similar naturaleza. Los proyectos son en su mayoría de carácter residencial. No se propone ningún proyecto industrial en la zona bajo estudio. A continuación se discuten los impactos previsibles de los proyectos enumerados en la lista anterior en conjunto con el Embalse Valenciano.

Por la naturaleza de la actividad propuesta no se prevé que el Embalse Beatriz tendrá impactos adicionales significativos sobre el potencial de degradación de las aguas subterráneas y el de contaminación de un abasto público asociado a fuentes dispersas. El Proyecto tampoco representará un impacto a las aguas subterráneas por fuentes precisas de contaminación ya que el mismo no conlleva descargas hacia el subsuelo, según señalado anteriormente, aparte de la posibilidad de la instalación de un pozo séptico para la PF. Sin embargo, no se puede descartar que los usuarios de los diferentes desarrollos, existentes o propuestos en el valle del Río Turabo, o en áreas que drenan hacia el valle, dispongan inadecuadamente desperdicios, sólidos o líquidos, al subsuelo.

En cuanto a los efectos en la infiltración se puede indicar que entre los proyectos propuestos en la Cuenca del Río Turabo, el que mayor área ocupa es el Embalse Beatriz. Éste como cualquiera de los otros proyectos de la referida lista contribuye en parte a la impermeabilización de los terrenos. Los mismos, sin embargo deberán mantener ciertas áreas verdes, así como áreas de amortiguamiento y mitigación en cumplimiento con el

Reglamento de Vida Silvestre del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Estos espacios continuarán proveyendo cierta medida de infiltración.

Según se ha discutido en la **Sección 6.3.6**, Impactos Aguas Subterráneas, tanto el Río Turabo como la Q. Beatriz son cuerpos de agua perennes, por lo que se alimentan del acuífero en periodos de baja precipitación. Sin embargo, cuando hay extracción excesiva cerca de un río el nivel freático podría disminuir provocando que el río nutra el acuífero. Puig y Rodríguez (1993) corroboran que la relación entre el Río Turabo y el Acuífero Caguas-Juncos no se ha afectado por la extracción de agua subterránea. Es decir, que la disminución en el caudal del río no debería afectar el nivel freático y por ende la capacidad de extracción de los pozos en la zona.

7.3 USOS DE TERRENOS

El Proyecto propuesto tiene el potencial de causar efectos acumulativos directos e indirectos. Los impactos directos se extienden sobre los usos de los terrenos donde se propone la construcción de los elementos del Proyecto. El ámbito de los primeros se extiende sobre el Área de Servicio del Proyecto. A continuación se discuten ambos.

Efectos Acumulativos Directos

El elemento del Proyecto que representa un cambio mayor en el uso de los terrenos es el embalse propuesto, el cual ocupará un área de aproximadamente 145 cuerdas. Asimismo, la PF que ocupará un área aproximada de 11 cuerdas. El área de inundación del Embalse ocurre en el Municipio de Caguas. Los cambios en el uso de terrenos del sistema de distribución no se consideran significativos, ya que las tuberías discurrirán de forma soterrada. El área de análisis de los impactos acumulativos por usos de terrenos se limita al municipio de Caguas.

Para estudiar el impacto acumulativo de los proyectos propuestos en el Municipio de Caguas sobre los usos del terreno, se consideró el cambio que suponen estos proyectos a la zonificación calificación vigente. Se consideraron los proyectos radicados ante la Junta de Planificación (aprobados o en curso) para el periodo de 2001 - 2006 en Caguas (**Tabla 47**).

Los usos que ocurren en los terrenos propuestos para el Embalse y la PF son principalmente bosques y pastos no mejorados, así como algunas actividades agropecuarias limitadas. De forma que el embalse propuesto desplazará de forma permanente dichos usos.

Asimismo, los proyectos propuestos en Caguas tienen el potencial de desplazar de forma permanente los usos actuales de los terrenos por los usos propuestos, si son aprobados por medio del proceso de Consulta de Ubicación. A continuación se incluye una lista de estos proyectos (**Tabla 47**).

Tabla 47. Proyectos Propuestos Radicados ante la Junta de Planificación, que ubican en el Municipio de Caguas (2001-2006)

Número de Caso	Descripción	Área (Cuerdas)	Zonificación Calificación (1)
2002-46-0905-JPU	Consulta de ubicación de proyecto comercial de 225,000 p2 y dos edificios de estacionamientos de 400 espacios cada uno	8.61	UR-3
2005-46-0308-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto comercial consistente en edificio de oficinas profesionales de 8,000 p2 de construcción	1.29	UR-5
2006-46-0036-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto industrial consistente en almacén de 80,048 p2	6.16	UR-5
2003-46-0223-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto industrial de 610 p2 de construcción	138.46	RA-3
2002-46-0712-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto industrial de productos terminados para la venta y exhibición de 26,108 p2	1.75	UR-3
2004-46-0042-JGU-T	Consulta para la transacción de terreno mediante compra y ubicación de proyecto institucional de 255,135 p2	21.31	RA-3
2006-46-0027-JPU-MA	Consulta para proyecto mixto consistente en desarrollo residencial multifamiliar de 936 unidades y área comercial de 80,000 p2	249.09	RA-3
2003-46-0569-JGU	Consulta para la ubicación de proyecto recreativo consistente en parque criollo y jardín botánico, de 9,050 p2 de construcción	59.04	E-0
2006-46-0203-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto residencial mixto (770 unifamiliares con cabidas de 400 m2 y 380 multifamiliares en 4 edificios de 10 pisos c/u)	183.79	RA-3
2001-46-0836-JGU-NHS	Ubicación y transacción para proyecto de 117 apartamentos	3.52	UP
2002-46-0733-JGUT-ISM	Consulta para la ubicación de proyecto residencial multifamiliar de 32 apartamentos	2989.51	UC-1
2001-46-0829-JGU-NHS	Ubicación y transacción para proyecto de 53 apartamentos	1.36	UR-3

Número de Caso	Descripción	Área (Cuerdas)	Zonificación Calificación (1)
2002-46-0092-JGU	Ubicación de proyecto residencial unifamiliar de 21 solares de 200 m ²	2.69	UR-3
2004-46-0163-JGU-T	Consulta para la transacción de terreno mediante la compra y ubicación de proyecto gubernamental de 65,237 p ²	2.50	UI-1
2002-46-0883-JGU-T	Consulta para la transacción y ubicación de proyecto institucional de 46,800 p ² , en predio de terreno de 5.6 cdas zonificado ur-3.	0.00	UR-3
2006-46-0381-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto comercial de 30,456.55 p ² de construcción consistente de locales comerciales	2.50	RD
2006-46-0316-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto comercial de 45,000 p ²	0.75	UR-3
2001-46-0393-JGU-T	Ubicación y transacción para proyecto de estación de bombas de caguax	1.04	R-0
2003-46-0765-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto comercial consistente en distribución al por mayor de productos farmacéuticos de 50,000 p ² de construcción	3.83	UR-3
2001-46-0987-JGU-T	Ubicación de proyecto recreativo de lago artificial y parque pasivo	49.67	UR-1
2006-46-0100-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto residencial mixto de 194 unidades (98 unifamiliares con cabidas de 375.00 m ² y 96 multifamiliares)	26.83	RA-2
2005-46-0867-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto residencial unifamiliar de 299 unidades con cabidas de 375.00 m ² (y 1 remanente)	50.00	RA-1
2005-46-0154-JGUT-ISM	Consulta para la ubicación de proyecto residencial unifamiliar de 10 unidades con cabidas de 1,965 m ²	10.09	RD
2003-46-0095-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto residencial de 324 apartamentos	16.90	RA-3
2005-46-0284-JPU-MA	Consulta para la ubicación de residencial multifamiliar de 408 apartamentos	25.58	RA-3
2005-46-0057-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto residencial multifamiliar de 184 apartamentos	26.58	RA-3
2003-46-1079-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto residencial de 46 solares de 900 m ²	47.17	RA-3
2002-46-0852-JPU-S	Consulta para la formación de 9 solares con cabidas de 400 a 1,000 m ²	5.64	SRC

Número de Caso	Descripción	Área (Cuerdas)	Zonificación Calificación (1)
2001-46-0083-JGU-T	Ubicación y transacción de terrenos para	0.09	UC-1
2002-46-0873-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto comercial de 17,424 p2 de construcción	5476.40 m ²	UC-2
2006-46-0240-JGU-T	Consulta para la transacción de 8 predios de terreno mediante la adquisición (con cabidas de 331,25 a 7,110.93 m2) y ubicación de proyecto consistente de tanques de agua y sistema de distribución	0.00	RA-2, RA-3, R-D
2004-46-0511-JGU-T	Consulta para la ubicación de proyecto gubernamental consistente en 2 tanques de almacenamiento de agua y tubería de distribución	13.80	UR-1
2001-46-0979-JPU	Ubicación de proyecto industrial de 133,125 p2	11.01	R-1
2004-46-0619-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto residencial unifamiliar de 207 unidades con cabidas de 900 m2	229.10	RCR-3
2003-46-0943-JPU	Consulta para la ubicación residencial multifamiliar de 42 apartamentos	1.31	UR-2
2002-46-0270-JPU	Ubicación de residencial unifamiliar de 129 unidades en solares de 338.00 m2	22.79	RA-3
2002-46-0600-JPU	Consulta para la ubicación de un proyecto residencial unifamiliar de 239 unidades con cabida de 300.04 m2	34.00	RA-3
2003-46-0508-JGU	Consulta para la ubicación de proyecto institucional de centro de información, seguridad y acción comunal de 13,817 p2	6,100 mc	RD
2004-46-0505-JGU-T	Consulta para la transacción de terreno mediante la adquisición y ubicación de proyecto municipal de centro de servicios múltiples (cuido de niños, envejecientes, biblioteca electrónica, etc.) de 4,980 p2	0.50	UR-1
2005-46-0809-JGU-T	Consulta para transacción de terreno mediante la compra y ubicación de proyecto institucional consistente en centro comunal de 2,276.15 p2	0.57	RA-3
2005-46-0067-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto comercial consistente en 4 edificios comerciales con área total de 55,790 p2 de construcción	4.68	UC-1

Número de Caso	Descripción	Área (Cuerdas)	Zonificación Calificación (1)
2006-46-0477-JPU-MA	Consulta para la ubicación de dos (2) edificios a ser utilizados como almacén industrial	11.85	RA-3
2005-46-0079-JPU-MA	Consulta para la ubicación proyecto mixto un área comercial de 12,650 y un área industrial de almacenes de 29,500 p2	5.00	UR-1
2004-46-0256-JGU-T	Consulta para la ubicación de proyecto institucional de centro de servicios múltiples para información, seguridad y acción comunal de 1,267 p2	0.68	RCR-3
2006-45-0392-JGU-T	Consulta para la transacción de terreno mediante el arrendamiento y ubicación de proyecto comercial de 2,565.00 p2	1.53	R-3
2003-46-0953-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto industrial de 6,960 p2	1.66	UR-O
2006-46-0254-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto industrial, consistente de 30 solares industriales de 1 cuerda aproximadamente en finca de 136.7595 cuerdas.	136.75	RA-3
2005-46-0852-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto residencial multifamiliar de 120 unidades	196.00	UR-1
2004-46-0808-JPU-ISV	Consulta para la ubicación de proyecto residencial unifamiliar de 125 unidades en solares de 800 m2	146.25	RA-3

Fuente: Junta de Planificación.

De la información provista en la **Tabla 47** se puede observar que los cambios en uso de terreno propuestos son predominantemente de tipo residencial.

Bajo *Plan Territorial Caguas 1998* todos los terrenos del proyecto propuesto se encuentran bajo la clasificación de *Suelo Rústico*. Dentro de la clasificación de suelo rústico se encuentran dos sub-categorías: *Suelo Rústico Común (SRC)* y *Suelo Rústico Especialmente Protegido (SREP)*. El documento indica que en ambas categorías los terrenos deben quedarse libres de desarrollo urbano, mantener la estética del paisaje, evitar el impacto al patrimonio natural, y establecer medidas para el uso del suelo sin urbanizarlo. Existen dos (2) calificaciones en las áreas del Proyecto: RA-2 y RCR-2. La Revisión Integral del Plan Territorial de Caguas contempla el proyecto propuesto y dirige su

ordenación a lograr calificar los terrenos para ese uso. El uso para abasto de agua se justifica por la necesidad de agua existente y proyectada al 2025 en el Área de Servicio.

A lo anterior se suma el cambio en el tratamiento que se propone de las actividades que se llevan a cabo en la cuenca hidrográfica del Río Turabo como parte de la implantación del plan de manejo de esa cuenca. Como parte de la implantación del Plan se recomendarán, en coordinación con el DRNA, acciones dirigidas a:

- La adquisición de terrenos para conservación, que sirvan de área de amortiguamiento en la cuenca inmediata del embalse propuesto y sus tributarios.
- El desarrollo y la puesta en práctica de las regulaciones de la zonificación de los terrenos en la cuenca del Río Turabo.
- La puesta en acción de las mejores prácticas de manejo en todos los proyectos agrícolas y civiles dentro de la cuenca

Estos cambios en el patrón de usos de terreno se consideran positivos, en el sentido que permiten atender la necesidad de agua del Área de Servicio, según discutida anteriormente, mientras, con la implantación del Plan de Manejo de Cuenca se promuevan otros efectos beneficiosos en el ambiente y la calidad de vida de los residentes de esta área. Según discutido anteriormente se prevé que el manejo integral de la Cuenca del Río Turabo mejore el área de drenaje que abastece al Embalse Carraízo aguas abajo. Esto tiene un efecto indirecto positivo en el Embalse Carraízo, en comparación con la condición actual, ya que los sedimentos y otros contaminantes que dejen de llegar al embalse propuesto, tampoco llegarán al Embalse Carraízo. La aplicación adecuada de estas estrategias puede alargar la vida útil del embalse existente y el propuesto.

Efectos Acumulativos Indirectos

El Proyecto, por ser uno de infraestructura, tiene la capacidad de viabilizar, junto con otros recursos de infraestructura (energía eléctrica, tratamiento de aguas usadas, accesos, comunicaciones) el desarrollo de otros proyectos, hasta donde se extiende su

Área de Servicio. Estos proyectos, que pueden ser de diferentes tipos (e.g. comerciales, industriales, turísticos, residenciales), tienen el potencial de generar una demanda por otros servicios como escuelas, servicios médicos, facilidades recreativas, protección policíaca, etc.

No es posible predecir particularmente qué tipo de proyectos serán propuestos y dónde estarán ubicados. A estos efectos, en la planificación de recursos de infraestructura, incluyendo la de agua potable, se utilizan proyecciones de población en el proceso de estimar demandas futuras. Estas proyecciones se basan en presunciones sobre tendencias de nacimientos, muertes, defunciones y migraciones internacionales.

Sin embargo, no es la provisión de infraestructura únicamente lo que determina la viabilidad de estos proyectos, sino su compatibilidad con las políticas de usos de terrenos a nivel de la Junta de Planificación o a nivel de los Municipios, cuando son municipios con un Plan de Ordenación Territorial aprobado (e.g. Municipio de Caguas). Cada proyecto deberá ser analizado en sus méritos, desde el punto de vista ambiental y de usos de terrenos antes de ser en efecto aprobados.

7.4 IMPACTOS ECOLÓGICOS (RECURSOS BIOLÓGICOS)

7.4.1 Hábitat Terrestre

Para el análisis de los impactos acumulativos sobre recursos biológicos terrestres se tomó en consideración las barreras físicas permanentes alrededor del Proyecto. También se evaluaron los proyectos propuestos, y en proceso de desarrollo en los límites del área de análisis.

Las áreas consideradas alrededor del Embalse para este análisis están delimitadas por las carreteras PR-1 y PR-763 al norte, la carretera estatal PR-52 por el sur y el este, y la carretera PR-1 y camino identificado en la base de datos de la JP como “Casa Encalle Sin Salida” por el oeste, según la fotografía aérea (**Figura 37**). Dentro del área de estudio no se encontraron casos radicados ante la JP.

En los predios donde ubicará el Embalse dominan los pastizales seguido por las áreas boscosas y la galería de árboles ribereños. En la **Sección 2.16, Descripción Flora y Fauna Terrestre** se abunda sobre los usos de terrenos y coberturas dentro de la huella del embalse propuesto.

Los impactos potenciales sobre hábitat terrestres durante la construcción del Proyecto podrían relacionarse con un aumento en la deforestación, así como la perturbación de habitáculos.

Quizás el impacto acumulativo o secundario más importante en términos de los recursos biológicos terrestres es el impacto a las zonas forestadas o con vegetación herbácea o arbustiva. El Proyecto impactará permanentemente (aproximadamente 145 cuerdas) por medio de la inundación de los predios para la creación del Embalse. Además, se impactarán aproximadamente 11 cuerdas en la construcción de la PF. A más largo plazo se impactarán aproximadamente 25 cuerdas en el área de disposición de sedimentos de dragado. Esto tendría un impacto acumulativo principal en la reducción de áreas forestadas o con cobertura vegetal. Por consiguiente tendríamos un impacto secundario en las poblaciones e individuos de flora y fauna que habitan estos predios.

Existe la posibilidad de que ocurran impactos acumulativos negativos, temporeros y permanentes, sobre la fauna terrestre que depende de los bosques, la ribera de los cuerpos de agua y otros recursos en los predios donde se ubicará el Embalse. Al aumentar el número de especies invasoras o especies típicas de las primeras etapas de la sucesión, se altera la disponibilidad de alimento o refugios para algunas especies animales. Los efectos específicos, si alguno, dependerá de la especie y dependerán también de circunstancias específicas del ecosistema fragmentado.

En cuanto a las especies de fauna amenazada, crítica y en peligro de extinción, el estudio de Flora y Fauna Terrestre realizado en los predios del Proyecto determinó la presencia de Paloma Sabanera (*Patagioenas inornata wetmorei*), listada como una especie en Peligro de Extinción (USFWS, 2000). En carta emitida por el USFWS, la agencia comenta sobre el potencial de los predios donde ubicará el Proyecto como hábitat de la Boa Puertorriqueña (*Epicrates inornatus*).

El cumplimiento del Proyecto con los requisitos del Reglamento de Vida Silvestre será importante como una medida de mitigación de los sistemas naturales, y las especies que éstos albergan, en el área de análisis determinada. Esto incluye las especies en peligro de extinción. Asimismo será importante el cumplimiento de estos proyectos con el Reglamento Número 25 de la Junta de Planificación y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, conocido como Reglamento de Siembra, Corte y Forestación para Puerto Rico, el cual requiere que todos los impactos a los árboles de Puerto Rico sean mitigados. Para estos propósitos se ha desarrollado un plan de mitigación integral que incluye los impactos del Proyecto y del Embalse Valenciano.

La visión de las agencias reguladores es de importancia en la determinación de las mitigaciones requeridas para los hábitáculos que se afectan por los diferentes proyectos propuestos en el área de análisis. Sobre todo el DRNA, por el poder ministerial que le confiere la Ley y el Reglamento de Vida Silvestre, sobre estos y cualquier otro proyecto de desarrollo en la Isla.

7.4.2 Hábitat Acuático y Ribereño

El criterio espacial de inclusión identificado para evaluar los impactos acumulativos sobre los hábitáculos acuáticos y ribereños fue la subcuenca hidrográfica del Río Turabo y la Quebrada Beatriz. Esto sigue el Concepto del Río Continuo, es decir, cuando un proyecto impacta la hidrología de un cuerpo de agua, ya sea con la ubicación de una toma de agua, una represa o una canalización, se consideran los efectos indirectos río arriba y río abajo del área de impacto directo debido a la conexión ecológica en ríos.

En la **Tabla 48**, se muestra el resumen de los proyectos presentados ante la Junta de Planificación que ubican dentro de la subcuenca hidrográfica del Río Turabo, incluyendo la Quebrada Beatriz, en la que se encuentra el área del embalse propuesto por el Proyecto. Esta tabla se repite de la Sección de Impactos Acumulativos sobre Aguas Subterráneas, para beneficio del lector, ya que las áreas de análisis determinadas coinciden para ambos recursos.

Tabla 48. Resumen de Proyectos presentados ante la Junta de Planificación que ubican dentro de la Subcuenca hidrográfica del Río Turabo.

Número De Caso	Descripción	Área Total Predio	Zonificación
2006-46-0381-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto comercial de 30,456.55 p2 de construcción consistente de locales comerciales	2.50	RD
2006-46-0316-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto comercial de 45,000 p2	0.75	UR-3
2001-46-0393-JGU-T	Ubicación y transacción para proyecto de estación de bombas de caguax	1.04	R-0
2003-46-0765-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto comercial consistente en distribución al por mayor de productos farmacéuticos de 50,000 p2 de construcción	3.83	UR-3
2001-46-0987-JGU-T	Ubicación de proyecto recreativo de lago artificial y parque pasivo	49.67	UR-1
2006-46-0100-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto residencial mixto de 194 unidades (98 unifamiliares con cabidas de 375.00 m2 y 96 multifamiliares)	26.83	RA-2
2005-46-0867-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto residencial unifamiliar de 299 unidades con cabidas de 375.00 m2 (y 1 remanente)	50.00	RA-1
2005-46-0154-JGUT-ISM	Consulta para la ubicación de proyecto residencial unifamiliar de 10 unidades con cabidas de 1,965 m2	10.09	RD
2003-46-0095-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto residencial de 324 apartamentos	16.90	RA-3
2005-46-0284-JPU-MA	Consulta para la ubicación de residencial multifamiliar de 408 apartamentos	25.58	RA-3
2005-46-0057-JPU-MA	Consulta para la ubicación de proyecto residencial multifamiliar de 184 apartamentos	26.58	RA-3
2003-46-1079-JPU	Consulta para la ubicación de proyecto residencial de 46 solares de	47.17	RA-3

Número De Caso	Descripción	Área Total Predio	Zonificación
	900 m2		
2002-46-0852-JPU-S	Consulta para la formación de 9 solares con cabidas de 400 a 1,000 m2	5.64	SRC
2001-46-0083-JGU-T	Ubicación y transacción de terrenos	0.09	UC-1

De la tabla anterior surge que no se proponen proyectos que incidan directamente sobre los cuerpos de agua evaluados, como sería un proyecto de canalización u otro de similar naturaleza. Los proyectos son en su mayoría de carácter residencial.

A continuación se resumen las condiciones a nivel de habitáculo en el área de estudio y más adelante se discuten los impactos previsible de estos proyectos en conjunto.

Según los resultados de los estudios de Flora y Fauna Acuática, actualmente el área de estudio posee una fauna acuática limitada (**Tabla 49**). Esto pudiera responder entre otros al impacto por los desarrollos urbanos, comerciales y agrícolas de la cuenca, así como por alteración del flujo continuo de ese río hasta el mar por la construcción de la Represa de Carraízo aguas abajo finalizada en el 1953 y de la canalización del Río Turabo aguas abajo de la confluencia de éste y la Quebrada Beatriz.

Tabla 49. Diversidad de Fauna/Flora Acuática y Semi-acuática.

Categoría de Especie	Diversidad de Especies		Especies Críticas o en Peligro
	Río Turabo	Q. Beatriz	
Flora			
Especies acuáticas o semi-acuáticas	4	3	0
Fauna			
Aves (semi-acuático)	7	6	0
Anfibios (ranas y sapos, semi-acuático)	2	1	0
Peces (acuático, todos especies exóticas)	5	5	0
Moluscos (acuático)	1	1	0

Categoría de Especie	Diversidad de Especies		Especies Críticas o en Peligro
	Río Turabo	Q. Beatriz	
Crustáceo (acuático) a/	2	2	0
Insectos (acuático y semi-acuático) b/	8	6	0
TOTAL de especies de fauna	25	21	0

a/ Incluye todo clase de camarón y cangrejo.

b/ Incluye insectos en forma de larvas que se desarrollan en el agua, como el mosquito.

La toma propuesta representa una barrera menor a la movilidad de especies. Para mitigar la succión que resultaría de la operación de la toma, se propone extraer a una profundidad adecuada de manera que se minimice la succión de camarones juveniles a la deriva en la superficie río (dependiente del movimiento de la corriente). La configuración de la toma propuesta es consistente con el objetivo de maximizar el potencial para la restauración eventual del río, ya que incorpora un diseño que minimiza sus impactos sobre la migración acuática.

La represa propuesta sobre la Quebrada Beatriz constituye una barrera a la migración de las especies acuáticas. Hay varios factores que indican que, en este lugar, la consideración de una escalera de peces no es práctica. Los factores adversos son: (1) la ausencia de especies migratorias debido a la presencia de barreras aguas abajo, (2) el área relativamente limitada de hábitat que quedaría disponible una vez construido el Embalse, (3) el caudal limitado para alimentar una escalera en combinación con el impacto de aumentar el desvío del flujo desde el Río Turabo hacia Quebrada Beatriz para alimentar la estructura con cualquier flujo en exceso del mínimo de Q_{99} ya provisto, y las variaciones en el nivel del lago.

No se anticipa que los impactos de las obras propuestas en las especies nativas será significativa debido a que ya existen barreras aguas abajo. El inventario de las especies acuáticas también señaló la ausencia de peces nativos y una fauna pobre de camarones, debido a las barreras existentes y posiblemente a otros factores que eliminan las especies migratorias.

Los impactos acumulativos de los proyectos en la cuenca del Río Turabo en cuanto a los recursos biológicos acuáticos y ribereños, están asociados a la potencial degradación de las aguas por fuentes precisas y dispersas de contaminación, según definidas anteriormente, como resultado de sus actividades. De los proyectos en conjunto no implantar programas de recogido de desperdicios sólidos y de control de contaminación de fuentes dispersas, podría ocurrir un aumento en la cantidad de contaminantes que llegan a las quebradas y eventualmente a los ríos lo que representa potenciales impactos sobre la fauna acuática.

Debido a que el Proyecto propuesto contempla la implantación de un plan integral de manejo de la cuenca del Río Turabo, se prevén impactos positivos sobre los organismos acuáticos. Estos planes redundarían en beneficios positivos para los ecosistemas acuáticos, en comparación con la condición actual. Debido a esto, no se vislumbra que el desarrollo del Embalse tenga impactos acumulativos o secundarios negativos sobre la vida silvestre acuática.

7.5 INFRAESTRUCTURA

Existen dos elementos de infraestructura principales los cuales se espera sean objetivo de impactos acumulativos como consecuencia de la operación de Proyecto. Estos elementos de infraestructura son el sistema de agua potable y el sistema de tratamiento de aguas usadas del Área de Servicio del Proyecto, según definida en el **Capítulo 1**.

El Proyecto según propuesto tendrá un impacto acumulativo positivo en el Área de Servicio, ya que proveerá el agua potable que minimizará la dependencia en transferencias del Área Metropolitana y atenderá la demanda proyectada al 2025 en el Municipio de Caguas. El proyecto propuesto es uno entre otros proyectos de mejoras capitales propuestas por la AAA para atender estas demandas.

El aumento en disponibilidad de agua potable en el Área de Servicio del Embalse Beatriz tanto como en las áreas de servicio de los demás proyectos de infraestructura de agua potable en el área (Embalse Valenciano) representa un impacto al sistema de

alcantarillado sanitario de la región (Plantas de Aguas Usadas de Juncos, San Lorenzo, Humacao y Caguas). La disponibilidad de los servicios de tratamiento de aguas usadas se verá reducida en la medida que los nuevos proyectos a ser servidos por la nueva PF requieran las respectivas conexiones al sistema de alcantarillado.

El aumento en producción de agua potable impactará a largo plazo la generación de aguas usadas en el área de servicio del Embalse Beatriz y el Embalse Valenciano. Presumiendo una generación de aguas usadas de aproximadamente el 80 por ciento del abasto de agua existente y propuesto, se estima que el desarrollo de ambos Embalses ocasionen una generación de aguas usadas de aproximadamente 11.2 mgd y 12 mgd respectivamente, esto incluyendo la generación actual. El aumento neto en generación de aguas usadas basado en la capacidad de producción de las plantas existentes versus las propuestas es de aproximadamente 6 mgd para el Área de Servicio del Embalse Beatriz y 10.4 mgd para el Embalse Valenciano. Este aumento se atenderá a través de las mejoras propuestas al sistema existente, las cuales se detallan a continuación.

La AAA ha desarrollado un programa de mejoras al sistema de alcantarillado para la región de Caguas que incluye a los municipios de Caguas, Aguas Buenas, Gurabo, Juncos y San Lorenzo. El plan busca atender los problemas de cumplimiento existentes y otros asuntos relacionados a las plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, y troncales sanitarias. Con el fin de lograr los objetivos del plan, se contemplan las siguientes acciones, entre otras:

- expandir la Planta Regional de Tratamiento de Aguas Usadas de Caguas (PRTAUC) de su capacidad actual de 12 mgd a 24 mgd;
- eliminar las Plantas de Tratamiento de Aguas Usadas de Juncos y San Lorenzo; y
- construir más de 15.5 millas (25 km) de troncales sanitarias y tuberías, clausurar aproximadamente 40 estaciones de bombeo y construir otras estaciones nuevas.

La expansión propuesta para la PRTAUC toma en consideración el impacto en el aumento en aguas usadas como consecuencia de los proyectos propuestos de mejoras al

sistema de agua potable incluyendo la construcción de ambos embalses. Dicho impacto se sumaría al que tienen otros proyectos que compartirían la misma área de servicio. Es pertinente señalar que el desarrollo de cada proyecto propuesto dentro del plan ocurrirá en diferentes años, por lo que se espera que su impacto por demanda sea uno paulatino. Se espera que los proyectos incluidos en este plan de mejoras estén construidos para el año 2011, a un costo aproximado de \$105.8 millones de dólares. El aumento adicional en capacidad que se requiera será atendido a través del Plan de Mejoras Permanentes de la AAA.

7.6 IMPACTOS ACUMULATIVOS A LAS ALTERNATIVAS EVALUADAS

En el proceso de planificación del Proyecto se evaluaron varias alternativas a la acción y ubicación propuesta para los diferentes elementos del Proyecto. Las mismas se resumen a continuación para facilitar la discusión posterior en cuanto a los impactos acumulativos de éstas.

- I. Alternativa de No Acción
- II. Alternativas a la Acción Propuesta de Fuente de Abasto de Agua
 - a. Tomas en ríos
 - b. Agua subterránea
 - c. Transferencia de agua hacia la región
 - d. Conservación del agua
 - e. Control de de agua no contabilizada
 - f. Re-uso del agua
- III. Alternativas a la Construcción de Nueva Planta de Filtración
 - a. Expansión planta de filtración existente (Caguas Sur)

IV. Alternativas de Aducción de Agua Cruda Hacia el Embalse

- a. Túnel de aducción
- b. Tubería de aducción

V. Alternativas de Ubicación Propuesta

- a. Ubicación del Embalse
- b. Ubicación de la Planta de Filtración

Según se discute en la **Sección 4.1.1** la Alternativa de No Acción no permite atender la necesidad de agua existente y proyectada en el Área de Servicio, según definida en el Capítulo 3 de este documento. La Alternativa de No Acción aunque no conllevaría ningún impacto acumulativo a los recursos objeto de evaluación, conlleva un impacto acumulativo en la necesidad de agua en el Área de Servicio. Son sabidos los efectos que tiene la falta de agua potable sobre el bienestar, la calidad de vida y la economía de una población. Esta alternativa fue descartada.

Según resumido anteriormente, son varias las alternativas a la Acción Propuesta que fueron evaluadas.

De las alternativas evaluadas como fuente de agua adicional, las que menos impactos acumulativos representan, si alguno, son las de conservación de agua, re-uso de agua y control de agua no contabilizada. Ninguna de estas alternativas representa impactos sobre recursos ecológicos, uso de terrenos o condiciones socioeconómicas negativos ya que no es necesaria la construcción de infraestructura de la magnitud de la de una represa. Sin embargo, estas alternativas no permiten el almacenamiento de aguas que permitiría un embalse y ninguna de éstas puede atender por sí sola la necesidad de agua proyectada.

Se considera la construcción del Embalse en la Quebrada Beatriz (fuera de cauce con respecto al Río Turabo) en conjunto con el control de pérdidas como la mejor alternativa por varias consideraciones. Primero, desde el punto de vista de la sustentabilidad, el

embalse fuera de cauce acumula menos sedimento. Los impactos ambientales de embalses fuera del cauce típicamente son menores que los embalses convencionales.

Este documento presenta también dos alternativas de aducción del agua cruda desde la toma propuesta en el Río Turabo hasta el Embalse, (1) Túnel de aducción y (2) tubería de aducción. Ninguna de las alternativas representa impactos acumulativos significativos por sí solas ya que estas serán soterradas y su impacto principal será el de uso de los terrenos en la servidumbre. La alternativa de la tubería de aducción representa mayores impactos directos ya que será necesario el corte de árboles sobre la ruta propuesta, pero una vez mitigados los impactos no representa impactos acumulativos significativos.

En cuanto a la alternativa de Proveer una Nueva Planta de Filtración para tratar las aguas crudas que serían extraídas del embalse propuesto, se considera que los impactos acumulativos asociados a la alternativa de proveer una nueva planta de filtración, no son significativos, en comparación con ampliar una planta de filtración existente. Aunque la expansión de la planta existente es completamente factible dentro de los límites de la misma, se considera favorable la construcción de la nueva planta por razones principalmente operacionales y económicas.

En cuanto a las alternativas de ubicación para el Embalse se consideraron varias alternativas a nivel regional entre ellas el Embalse Valenciano, el cual ha sido propuesto para el suministro de agua a San Lorenzo, Las Piedras y Juncos principalmente. De todos los posibles embalses evaluados, el Embalse Beatriz es el que, por su localización y configuración, presenta mejores beneficios al Área de Servicio y mayor sustentabilidad. Por ser un embalse fuera del cauce principal, la razón de sedimentación se minimiza al igual que los impactos directos al cauce del río donde ubicará la toma.

También se evaluaron alternativas para la ubicación de la PF y los diferentes componentes del sistema de distribución de agua cruda. Las variantes no presentan diferencias en cuanto al impacto acumulativo que pudieran representar una y otra.

8. COMPROMISOS IRREVOCABLES E IRREVERSIBLES DE LOS RECURSOS NATURALES Y ECONÓMICOS NECESARIOS PARA EL PROYECTO

La implantación de la Alternativa Preferida (consistente en la construcción de la represa que formará el Embalse Beatriz; la nueva Planta de Filtración; las tuberías de conducción de agua cruda y potable; los tanques de almacenaje de agua potable; y las estaciones de bombeo) conllevará el compromiso permanente de los terrenos a ser dedicados a los diferentes elementos del Proyecto. Los predios que ocupará el Embalse en la cuenca de la Quebrada Beatriz (aproximadamente 140 cuerdas); el predio que ocupará la nueva planta de filtración, los dos tanques de almacenaje de agua potable y el que ocupará la estación de bombeo (11 cuerdas), no estarán disponibles para otros usos en el futuro previsible. Además, los recursos de agua adicionales a extraerse del Río Turabo y las quebradas Beatriz y las Quebradillas, entre 13 y 14 mgd, se comprometerán irrevocablemente para el uso de los residentes de Caguas. El Proyecto también conllevará el uso de los recursos económicos para su construcción, cuyo costo es estimado entre \$130 y \$160 millones. Parte de estos fondos se utilizarán para adquirir los materiales, componentes y combustibles necesarios para construir las obras y operar las instalaciones. La energía eléctrica a usarse en las estaciones de bombeo en el Embalse y la nueva planta de filtración se originará de la quema de combustibles no-renovables. El Proyecto también comprometerá el uso permanente de recursos económicos de la AAA para la operación y mantenimiento de las obras propuestas.

9. RELACIÓN ENTRE LA UTILIZACIÓN DEL MEDIOAMBIENTE A CORTO PLAZO Y SU PRODUCTIVIDAD A LARGO PLAZO

El Proyecto según propuesto tiene el propósito de aumentar a largo plazo los abastos de agua potable a la zona urbana de Caguas y sus barrios cercanos. Según se ha presentado en las secciones anteriores, sin el desarrollo de abastos adicionales de agua potable, los residentes de Caguas urbano continuarán recibiendo abastos de agua limitados durante sequías, y el desarrollo económico de la ciudad y la zona se afectarán por la falta de agua potable para nuevas residencias, comercios, industrias, y oficinas de gobierno. No existen en la zona inmediata otras fuentes de agua que pudieran utilizarse en lugar del nuevo embalse propuesto como parte del Proyecto. Aunque las reducciones en consumo de agua potable por los residentes y el control de pérdidas en los sistemas de distribución de la AAA prometen reducir a largo plazo la necesidad total de agua en la zona, esas medidas por sí solas no serán suficientes para satisfacer la demanda futura de agua potable. El Proyecto, anclado en el Embalse Beatriz, constituirá una fuente de agua segura y renovable a largo plazo.

Los impactos ambientales principales y a largo plazo del Proyecto están relacionados a la utilización permanente de los terrenos que ocupará el Embalse Beatriz, la nueva planta de filtración y las estructuras de apoyo a ambas obras (tanques, tuberías y estaciones de bombeo). En estos terrenos será necesario remover la corteza terrestre, lo que destruirá a largo plazo la flora y fauna del lugar y los hábitats potenciales de especies que allí residen. También se impactará a largo plazo el flujo de agua en el Río Turabo y las quebradas Beatriz y las Quebradillas, al extraerse una parte sustancial de su flujo para alimentar el Embalse. Sin embargo, se mantendrán flujos mínimos que sustenten la vida acuática en dichos cuerpos de agua. Además, se utilizarán terrenos

para el Embalse con potencial agrícola, lo que limitará este importante uso de terrenos en la Isla. Estos impactos a largo plazo son inevitables para lograr los beneficios significativos que el Proyecto generará. Los otros impactos ambientales del Proyecto serán en su mayoría a corto plazo y no-significativos, asociados a la construcción del Proyecto, la cual se proyecta tomará tres (3) años. Los impactos a corto plazo son principalmente asociados a la calidad del aire, ruido, recursos terrestres, y estética.

Durante la preparación, la construcción del Proyecto se generará temporalmente emisiones fugitivas de polvo. El equipo de construcción y los automóviles aumentarán las emisiones de los motores en las cercanías de los predios propuestos para la construcción del Embalse y planta de filtración y a lo largo del corredor para el sistema de transmisión de agua. Estos impactos temporeros en la calidad del aire no se espera que sean significativos.

Habrà un aumento en los niveles de ruido ambiental dentro y en las cercanías del lugar como resultado de varias actividades de construcción y durante la operación de las estaciones de bombeo y la nueva planta de filtración. Estos ruidos serán o temporeros o mitigados para cumplir con las normas de la JCA.

La construcción de las obras resultará en la erosión de los suelos, particularmente durante las actividades de limpieza, nivelación, excavación y otras operaciones que requieran movimiento del terreno. Esto a su vez podría afectar la calidad del agua en los cuerpos de agua afectados o cercanos, particularmente en los lugares donde se construirán las tomas de agua cruda en el Río Turabo y las quebradas Beatriz y Las Quebradillas. Sin embargo, el establecimiento de medidas de control de erosión minimizará este efecto y el transporte de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos. La implantación del Plan de Control de Erosión y Sedimentación (Plan CES) y del Plan Federal para Actividades de Construcción redundará en minimizar o mitigar estos impactos, que cesarán una vez se concluyan las obras.

Los impactos principales de la operación a largo plazo del Proyecto están relacionados a la extracción de agua cruda del Embalse Beatriz, lo que tendrá los siguientes efectos en otros sistemas o recursos naturales:

- Reducirá levemente durante sequías el flujo hacia el Embalse Carraízo, afectando su rendimiento seguro.
- Aumentará la generación de aguas usadas en la zona de Caguas urbano a medida que los abastos de agua potable adicionales producidos en la nueva planta de filtración se utilizan. Esto reducirá la capacidad de tratamiento disponible en la planta sanitaria regional de Caguas, lo que podría afectar otros desarrollos futuros en la zona.
- Resultará en la generación a largo plazo de aproximadamente media tonelada por día de cienos, que necesitarán disponerse en un relleno sanitario, ayudando a reducir la vida útil de estas instalaciones.
- Consumirá a largo plazo recursos económicos y energéticos para su operación y mantenimiento

En adición a lo beneficios a largo plazo de abastos de agua adicionales seguros y confiables, el Proyecto tendrá otros beneficios al medioambiente y los recursos naturales de la zona de Caguas debido al requisito del DRNA de desarrollar e implantar Plan de Manejo en las cuencas donde se construyen nuevos embalses. La AAA, en coordinación con el DRNA, desarrollará un plan de manejo para las cuencas del Río Turabo y las quebradas Beatriz y las Quebradillas, que incluirá los siguientes elementos:

- La posible adquisición de terrenos para conservación, que sirvan de área de amortiguamiento en la cuenca inmediata del embalse propuesto y sus tributarios.
- La implantación de estudios conducentes a definir los factores que afectan las cuencas y la calidad del agua en las mismas, enfocados a establecer medidas para el control de estos efectos adversos.

10. AGENCIAS CONSULTADAS

Como parte del proceso de preparación de esta DIA-P se consultaron las siguientes agencias:

- Autoridad de Carreteras y Transportación
- Autoridad de Desperdicios Sólidos
- Departamento de Agricultura
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales
- Instituto de Cultura Puertorriqueña
- Municipio Autónomo de Caguas
- Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre

A continuación se resumen los comentarios emitidos por las agencias que respondieron. Copia de las cartas de dichas agencias se incluyen en el **Apéndice P**.

10.1 AUTORIDAD DE CARRETERAS Y TRANSPORTACIÓN

La ACT, en respuesta a la solicitud de comentarios original del 14 de marzo del 2005, emitió una carta de solicitud de información adicional. En esta carta con fecha del 8 de abril del 2005, la Autoridad solicitó planos del proyecto que incluyeran: (1) mapa de localización sobre topográfico en escala de 1:20,000; (2) archivo digital con la planta del proyecto y localización; y (3) coordenadas de los puntos de colindancia de la propiedad en el sistema NAD-27. Además solicitó que se sometiera un plano de planta del

proyecto indicando los accesos propuestos, fotos y otros documentos que pudieran ayudar a agilizar la evaluación, copia de la evidencia de colegiación de los profesionales que certifiquen, y certificación del Registro de la Propiedad.

En respuesta a dicha carta, se emitió una comunicación dirigida a la ACT donde se les indicó que la información solicitada a la agencia, como parte de la etapa de planificación en que nos encontramos, es identificar si la acción propuesta conflige con algún proyecto de la ACT. En carta con fecha del 1 de julio del 2005, la ACT informó que el Programa de Construcción y de Mejoras Permanentes de la Autoridad no incluye proyectos que afecten el desarrollo de la acción propuesta. No obstante indica que el proyecto propuesto deberá someterse a la Oficina de Control de Accesos de la Autoridad para la evaluación y endoso correspondientes.

Según requerido por la agencia, en una etapa futura del proyecto se someterá para evaluación y endoso las mejoras de acceso necesarias para su operación, las cuales se diseñarán acorde con el Reglamento para el Control de Accesos a las Vías Públicas de Puerto Rico, según enmendado.

10.2 AUTORIDAD DE DESPERDICIOS SÓLIDOS

En carta con fecha del 11 de abril del 2005, la ADS indicó que luego de evaluar la localización y descripción general del proyecto, que actualmente se encuentra en etapa de planificación, entiende que el mismo no afecta sus planes o proyectos de infraestructura en el área. Por tal motivo, la ADS no tiene objeción al desarrollo del proyecto.

10.3 DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA

En comunicación escrita con fecha del 24 de agosto de 2005, el Departamento de Agricultura presenta una breve descripción de los suelos presentes en el área de estudio. Dicha carta concluye que el predio a evaluar se encuentra en pastos, no posee estructuras, tiene suelos fértiles con buena capacidad de uso agrícola y topografía

variada. También indica que estos terrenos no han sido impactados por desarrollo alguno y que la aprobación del Proyecto incrementaría la presión de desarrollo que actualmente existe en la zona. A base de estas observaciones, el Departamento indica que se mantendrá en espera de la circulación del documento ambiental para emitir una recomendación sobre el Proyecto.

10.4 DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES

El Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) en comunicación fechada 22 de junio de 2005 determinó que la acción propuesta conlleva un impacto significativo sobre el ambiente. Por lo que este impacto debería analizarse a través de la generación de un documento ambiental conforme a los requisitos de la Ley 416 y del Capítulo 5 del Reglamento de la Junta de Calidad Ambiental para el Proceso de Presentación, Evaluación y Trámite de Documentos Ambientales.

El DRNA solicitó que el documento ambiental analizara los siguientes aspectos:

- Impactos acumulativos a la cuenca hidrográfica del Río Turabo; conformada por la Quebrada Quebradillas, la Quebrada Beatriz y el Río Turabo. Impactos aguas abajo de la Quebrada Beatriz.
- Impactos acumulativos a estos cuerpos de agua donde se propone la extracción de agua mediante tomas, con énfasis en que la tasa de extracción de agua no podrá exceder el rendimiento seguro del Embalse.
- Discutir el cumplimiento de la acción propuesta con la Ley Núm. 241 del 15 de agosto de 1999, “Nueva Ley de Vida Silvestre de Puerto Rico”

Dado que los terrenos están ubicados dentro de los límites del Área de legado Forestal para Puerto Rico el documento deberá incluir un inventario de flora y fauna que siga las siguientes metodologías:

- Flora – Metodología Whittaker, modificada por Stohlgren, Faulker y Schell, 1995. (El muestreo y análisis de vegetación: Apuntes Metodológicos). Los árboles deberán ser ubicados con Sistema de Posicionamiento Global.

- Avifauna – Método de recuento de punto o “point sampling” (Wunderle, Jr. 1994 – Census Methods for Caribbean Land Birds).
- Anfibios y Reptiles – Metodología de Heyer Donnelly, McDiarmid, Hayek, Foster, 1994. (Measuring & Monitoring Biological Diversity).

Los inventarios de Flora y Fauna preparados para este proyecto e incluidos como apéndice siguen las metodologías recomendadas por el DRNA o en su defecto se describen en detalle las metodologías seleccionadas a base de las condiciones encontradas en el campo.

10.5 INSTITUTO DE CULTURA PUERTORRIQUEÑA

El 11 de abril de 2005 el Instituto de Cultura Puertorriqueña (ICP) solicitó que se proveyeran los resultados de una evaluación arqueológica Fase IA-IB para el área del Proyecto dado que se entiende que la acción propuesta pudiera afectar recursos de naturaleza arqueológica.

Luego de evaluar el documento de evaluación arqueológica Fase IA, realizado por el Arqueólogo Jaime Vélez, el ICP emitió una comunicación el 10 de noviembre de 2005 donde solicitan la realización de una Fase IB dada la presencia de recursos culturales dentro del área de impacto del Proyecto. El documento además de incluir los resultados de una prospección bajo superficie para determinar la existencia e integridad de los sitios bajo superficie ocultos deberá evaluar las características de las estructuras identificadas para precisar su valor histórico y ampliar la documentación de los recursos culturales identificados en la cuenca del Embalse.

En comunicación fechada 3 de mayo de 2006 el Instituto concluye que de acuerdo a los resultados de la Fase IB hay una posibilidad de que el Proyecto impacte recursos de naturaleza arqueológica por lo que requiere se someta para evaluación y determinación de la agencia un plan de trabajo para la evaluación arqueológica Fase II.

El 21 de marzo de 2007 el Instituto reaccionó a la solicitud de ampliar el radio de acción del Proyecto requiriendo un estudio Fase IB en los terrenos que se proponen añadir al Proyecto y manteniendo la vigencia de sus comentarios del 3 de mayo de 2006 referentes a la generación de un plan de trabajo para una evaluación arqueológica Fase II.

La Fase IB fue preparada para los terrenos adicionales que se integraron al Proyecto, copia del documento se provee en el Apéndice N.

10.6 MUNICIPIO AUTÓNOMO DE CAGUAS

El Municipio Autónomo de Caguas (MAC) comentó a la Consulta de Ubicación que fuera presentada por la Administración para el Financiamiento de la Infraestructura AFI en una comunicación fechada 4 de mayo de 2005. En esta comunicación presentan un resumen de la zonificación del área a ser impactada y sus potenciales usos para agricultura y conservación. Pese a la clasificación vigente el Municipio Autónomo indica estar consciente de los problemas que existen con los abastos de agua para el público y en especial para los residentes de Caguas y municipios colindantes. El Municipio se comprometió a que de llevarse a cabo la acción propuesta, ejercerán su poder (facultades para el ordenamiento territorial) de manera que se controle el desarrollo y lotificaciones simples en este sector. Aún así recomiendan que se que se adquieran los terrenos necesarios para establecer una zona de amortiguamiento adecuada al rendimiento del Proyecto. Según se ha indicado en este documento ambiental, como parte del Plan Integral de Mitigación se propone la adquisición de terrenos aledaños al Embalse.

El MAC indica no tener proyectos programados en el área donde se propone desarrollar el Proyecto.

Finalmente, el MAC endosa la designación de los terrenos para desarrollar el Embalse de agua siempre que se cumpla con los requisitos establecidos por la reglamentación vigente, particularmente los relacionados con la protección del medio ambiente y de las comunidades aguas abajo del Embalse.

10.7 SERVICIO FEDERAL DE PESCA Y VIDA SILVESTRE

El Servicio de Pesca y Vida Silvestre (FWS por sus siglas en inglés) emitió una comunicación el 20 de abril del 2005 donde ofrecen recomendaciones para la investigación del área a ser impactada.

El Servicio indica que aguas arriba del Lago Carraízo se han observado olivos (*Sicydium plumieri*) y buruquena (*Epilobocera sinuatifrons*) por lo que se recomendó que en los

inventarios del Flora y Fauna se prestara especial atención a estas especies ya que podrían verse afectadas por una disminución en el flujo de los cuerpos de agua a impactarse.

El diseño del Proyecto debe atender que los flujos mínimos en el Río Turabo aguas abajo de la toma propuesta al igual que aguas abajo de la Quebada Beatriz sean apropiados de modo que se minimice el impacto a especies acuáticas y a los ecosistemas que se nutren de este flujo.

El Proyecto se encuentra dentro del área donde se han observado la paloma sabanera (*Patagioneas inornata wetmorei*) y la boa puertorriqueña (*Epicrates inornatus*) por lo que deberá consultar al DRNA consideraciones especiales durante los trabajos en el área. Además se proveerá un inventario de flora y fauna adecuado. Se deberá considerar también que la huella del Proyecto, incluyendo las áreas donde discurran las tuberías, minimice los impactos a las áreas forestadas las cuales proveen hábitat y alimento a especies de aves migratorias y residentes, entre otras especies de fauna. FWS establece que de ser necesario el uso de fondos federales para el desarrollo del Proyecto, se deberá presentar una consulta bajo la Sección 7 del “Endangered Species Act”. Además solicitan que se les provea la oportunidad de evaluar el documento ambiental. FWS constituye una de las agencias a las que se circulará el presente documento ambiental.

11. ENTIDADES Y AGENCIAS A LAS QUE SE LES CIRCULA LA DIA-P

La DIA-P será circulada a una serie de agencias y organizaciones locales y federales encargadas en los procesos de aprobación o endoso al Proyecto. También será circulada a otras agencias y entidades con interés público en el desarrollo de infraestructura pública. Las agencias a las que se circulará la DIA-P se indican a continuación:

- Junta de Calidad Ambiental
- Municipio de Caguas
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales
- Autoridad de Energía Eléctrica
- Departamento de Transportación y Obras Públicas
- Autoridad de Carreteras y Transportación
- Instituto de Cultura Puertorriqueña
- Departamento de Salud
- Junta de Planificación
- Autoridad de Desperdicios Sólidos
- Departamento de Agricultura
- Agencia Federal de Protección Ambiental, Oficina del Caribe
- Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América
- Departamento de Agricultura Federal, Servicio de Conservación de Recursos Naturales

- Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre
- Oficina Estatal de Conservación Histórica de Puerto Rico
- Universidad del Turabo
- Compañía de Fomento Industrial
- Puerto Rico Telephone

12. PERSONAL QUE PARTICIPÓ EN LA PREPARACION DEL DOCUMENTO AMBIENTAL

El siguiente personal ha estado participando en la preparación y revisión de este documento y los estudios técnicos.

<u>Nombre:</u>	<u>Compañía:</u>	<u>Especialidad:</u>
Dr. Gregory L. Morris	Gregory L. Morris Eng.	Ingeniero Ambiental, Hidrólogo
Dr. Pedro Rivera	Ecoaventuras	Biólogo Terrestre, Arbolista
Walter Soler	Ambienta, Inc.	Biólogo Acuático
Jaime Vélez	Arqueoconsultoría	Arqueólogo
Alan Crumley	GeoConsult	Ingeniero Geotécnico
Laura Carbó	Gregory L. Morris Eng.	Ingeniero Civil
Juan M. Amador	Gregory L. Morris Eng.	Ingeniero Ambiental
Rafael Rosa	Gregory L. Morris Eng.	Ingeniero Civil
David Aponte	Gregory L. Morris Eng.	Especialista Ambiental
Minaly Agosto	Gregory L. Morris Eng.	Especialista Ambiental
Luís Berrios	Luís Berrios Montes & Asoc.	Agrimensor
Alberto Lázaro	AAA	Ingeniero Ambiental Director Ejecutivo de Infraestructura
Adamaris Quiñones	AAA	Ingeniera Civil Directora Auxiliar de Planificación
Ferdinand Quiñones	Consultor de la AAA	Ingeniero Químico Revisión de la DIA-P

Agnes Ayuso	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Ingeniero Civil Revisión de la DIA-P Modelaje Hidráulico
Dr. Mauricio Olaya	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Ingeniero Ambiental Revisión de la DIA-P
Dra. Déborah Santos	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Ingeniero Civil Revisión de la DIA-P Hidráulica e Hidrología
Félix López	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Ingeniero Civil Revisión de la DIA-P Hidráulica e Hidrología
Hilda Ortiz	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Ingeniero Ambiental Revisión de la DIA-P Riesgo Ambiental
Idalie Aponte	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Científico Ambiental Revisión de la DIA-P
José Ayala	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Ingeniero Industrial Estudio de Ruido
José Salguero	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Biólogo Revisión de la DIA-P Estudios de Flora y Fauna Acuática y Terrestre
Lymarie Urbina	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Científico Ambiental Revisión de la DIA-P
Maher Lugo	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Geólogo Revisión de la DIA-P Geología e Hidrogeología
Raquel Camacho	CSA Group / CSA Architects and Engineers, LLP	Antropóloga Revisión de la DIA-P Recursos Culturales
Rubén Rivera	-----	Agrónomo / Estudio de Viabilidad Agrícola

13. CERTIFICACIONES DE VERACIDAD

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

14. REFERENCIAS

- Boccheciamp, Rafael A. 1978. "Soil Survey of San Juan área of Puerto Rico". U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, San Juan.
- Burgess, G.H. and R. Franz. 1980. "Zoogeography of the Antillean Freshwater Fish Fauna." in: C.A. Woods (ed) Biogeography of the West Indies. Sandhill Crane Press, Gainesville, Florida.
- CDM. 2004. "Update of Puerto Rico Water Demand Forecast: Final Report". Report to Dept. of Natural and Environmental Resources, San Juan.
- Erdam, D.S. 1972. "Inland Game Fishes of Puerto Rico." Publicación Especial del Departamento de Agricultura, San Juan.
- Fields, Fred K. 1972. "Floods at Caguas, Gurabo, Juncos, and San Lorenzo, Puerto Rico". Hydrologic Investigations Atlas HA-438, USGS, San Juan.
- Graf, H W., 1984, Hydraulics of Sediment Transport. Water Resources Publications, Littleton, CO.
- Gregory Morris Engr. 2005. "Planning and Feasibility Studies for Potential Dam Sites in Puerto Rico". Informe preparado para AFI, San Juan.
- Gregory Morris Engr. 2000 "Water Audit and Conservation Pilot Study". Informe preparado para AFI, San Juan.
- Gómez-Gómez, Fernando, Rodríguez-Martínez, Jesús, Santiago-Rivera, Luis, Oliveras-Feliciano, M.L., and Conde-Costas, Carlos. 2001. "Surface-water, water-quality, and ground-water assessment of the Municipio of Caguas, Puerto Rico, 1997-99." Water-Resources Investigations Report 00-4280, USGS, San Juan.
- Haire, William J. 1972. "Flood of October 5-10, 1970 in Puerto Rico". Water Resources Bulletin 12, USGS, San Juan.
- Hildebrand, S. 1935. "An Annotated List of Fishes of the Fresh Water of Puerto Rico." Copies 2, 49-53.
- Holmquist JG (1998) Permeability of patch boundaries to benthic invertebrates: influences of boundary contrast, light level, and faunal density and mobility. *Oikos* 81:558-566
- Jansen, 1983. *Dams and Public Safety*. U.S. Bureau of Reclamation, Denver.
- Molina-Rivera, Wanda L. 1997. "Ground-Water Use from the Principal Aquifers in Puerto Rico During the Calendar Year 1990". USGS Fact Sheet – FS 188-96, San Juan.

- Morris, Gregory L. and Jiahua Fan. 1998. *Reservoir Sedimentation Handbook*. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Olcott, Perry G. 1999. "Ground Water Atlas of the United States: Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands". HA 730-N, USGS, San Juan.
- Puig, J.C., and J.M. Rodríguez. 1993. "Ground-Water Resources of the Caguas-Juncos Valley, Puerto Rico." Water Resources Investigations Report 91-4079, USGS, San Juan.
- Puig, J.C., F. Rodríguez-del-Río, and J. M. Rodríguez, 1989. "Potentiometric Surface of the Alluvial Aquifer and Hydrologic Conditions Near Caguas, Puerto Rico, March, 1988." Water Resources Investigations Report 89-4075, USGS, San Juan.
- Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority, 2006. "Watershed Stewardship Program. TMDL's Development Río La Plata and Río Grande de Loíza Drainage Basins". Final Phase 1 Report.
- Rodríguez, J.M., and Puig, J.C., 1996, "Ground-water quality in the Caguas-Juncos valley, Puerto Rico, April to October 1990." Open-File Report 96-139, USGS, San Juan.
- Rogers, Cleaves L. 1979. "Geologic Map of the Caguas Quadrangle, Puerto Rico." Map I-1152. USGS, San Juan.
- Schnitter, N.J. 1994. *A History of Dams, the Useful Pyramids*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- U.S. Dept. of Commerce. 1961. "Generalized Estimates of Probable Maximum Precipitation and Rainfall Frequency Data for Puerto Rico and Virgin Islands". Tech. Paper No. 42, U.S. Weather Bureau, Washington.
- Yoshioka, B. 1996. "Puerto Rican River Fauna Study." Summary Report for MIPR RM-CW-93-0189. U.S. Fish & Wildlife Service, Cabo Rojo, Puerto Rico.