

Conferencia Flujos Ambientales DRNA

Diseño y Operación de Tomas Existentes

Ing. Lynnette M. Ramírez

Directora Auxiliar de Ingeniería

Autoridad de Acueductos y Alcantarillados



**Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados**

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Introducción

💧 Agua:

- Líquido insaboro, inoloro, incoloro y cristalinamente transparente...
- Dos moléculas de Hidrógeno y una molécula de Oxígeno (H₂O)...
- Sustancia química extraordinaria...
- Se encuentra en su estado líquido solo en la tierra...
- El recurso más abundante e importante para la vida en nuestro planeta...
- La inquietud de nuestras profesiones...
- Materia prima de la AAA, obtenida principalmente mediante Tomas de Aguas Crudas, las cuales son el Tema de mi presentación...



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Definición

- Toma: Bifurcación, abertura por la que se desvía parte de la masa de un fluido.
- Toma de agua*: Muro o estructura para desviar el agua de su cauce hacia las facilidades de potabilización

*En el contexto de la AAA

Agencias con Ingerencia en la Ubicación/Construcción de Tomas

- ◆ Junta de Calidad Ambiental
 - Vela por el Cumplimiento de la política publica ambiental.
- ◆ Departamento de Salud
 - Vela por la calidad del agua cruda para la protección de la salud pública.
- ◆ Departamento de Recursos Naturales
 - Vela por el cumplimiento de la Ley de Aguas de Puerto Rico y las políticas del Plan de Aguas de Puerto Rico.
 - Vela por el cumplimiento del Reglamento de Planificación Num. 13 sobre Áreas Especiales de Riesgo a Inundación.
 - Vela por el cumplimiento del Reglamento de Planificación Num. 25.
 - Vela por el cumplimiento del Reglamento para la Extracción de Material de la Corteza Terrestre.



Agencias con Ingerencia en la Ubicación/Construcción de Tomas (Cont.)

- ◆ **Cuerpo de Ingenieros del Ejercito (CIE)**
 - Vela por el cumplimiento de la Sección 404 de la Ley Federal de Agua Limpia, que reglamenta la descarga de material dragado o de relleno en aguas de los Estados Unidos, incluyendo humedales.
 - Vela por el cumplimiento de la Sección 10 de la Ley Federal de Ríos y Bahías.
 - Administra el Programa de Permisos 404 conjuntamente con la EPA.
- ◆ **Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre**
 - Ejerce un importante rol de asesoramiento al CIE relacionado al cumplimiento de la Ley Federal de Especies en Peligro de Extinción o reglamentos del Departamento Federal del Interior, relacionados con la protección de habitats críticos.
- ◆ **Oficina de Preservación Histórica Estatal (SHPO)**
 - Asesora al CIE en materias de su especialidad



Agencias con Ingerencia en la Ubicación/Construcción de Tomas (Cont.)

- Junta de Planificación
 - Vela por el cumplimiento de la Ley Federal para el Manejo de la Zona Costera y emite Certificado de Consistencia.
- Autoridad de Energía Eléctrica
 - Tiene la facultad para endosar, autorizar y condicionar el desvío directo de aguas crudas desde los embalses de su propiedad o de canales o conductos que sean parte de algún sistema de riego público.



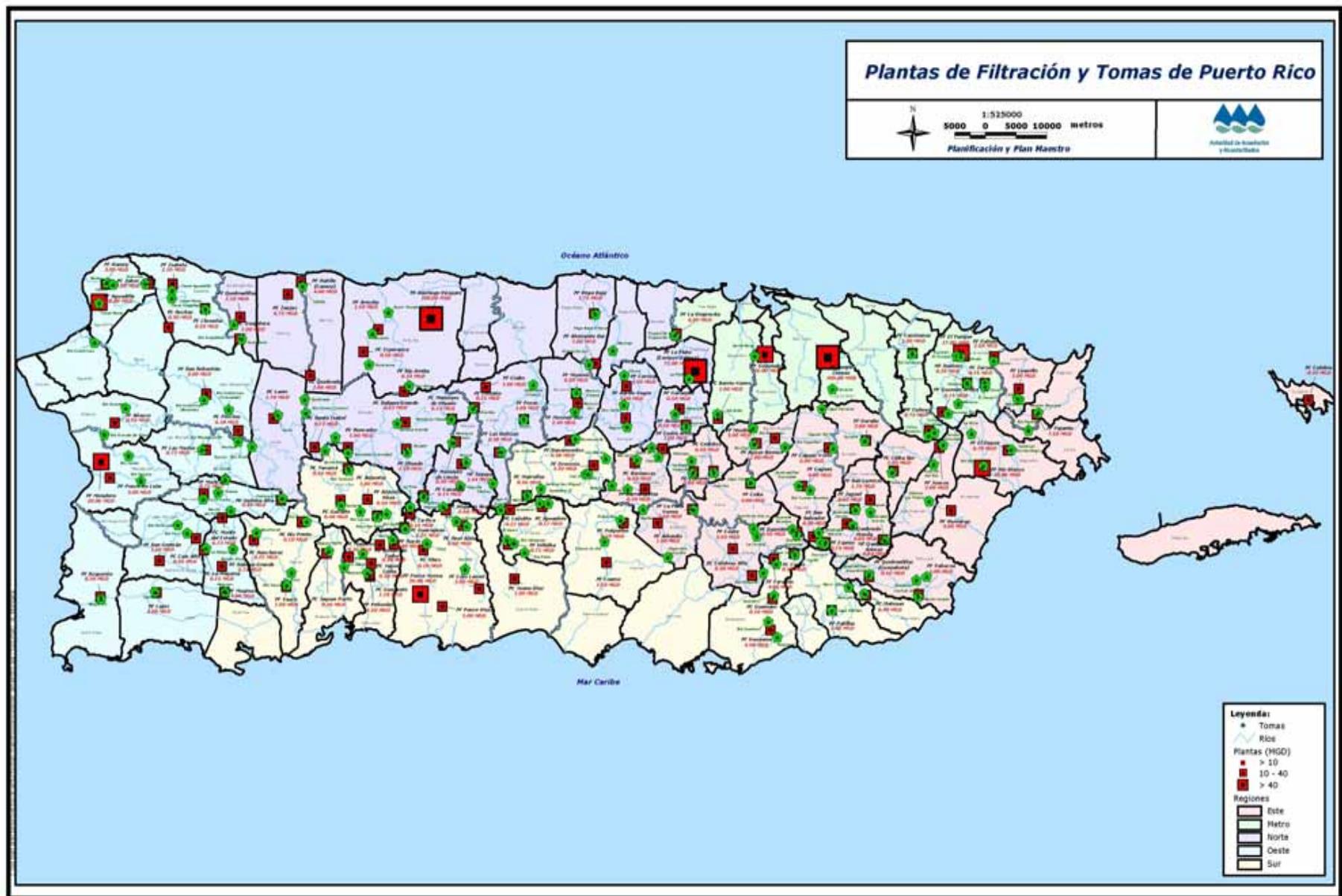
Ubicación de Tomas en Puerto Rico

- 💧 Quebradas
- 💧 Ríos
- 💧 Embalses dentro del río
- 💧 Embalses fuera del río
- 💧 Canales de Riego
- 💧 Pozos colectores bajo el lecho de río



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

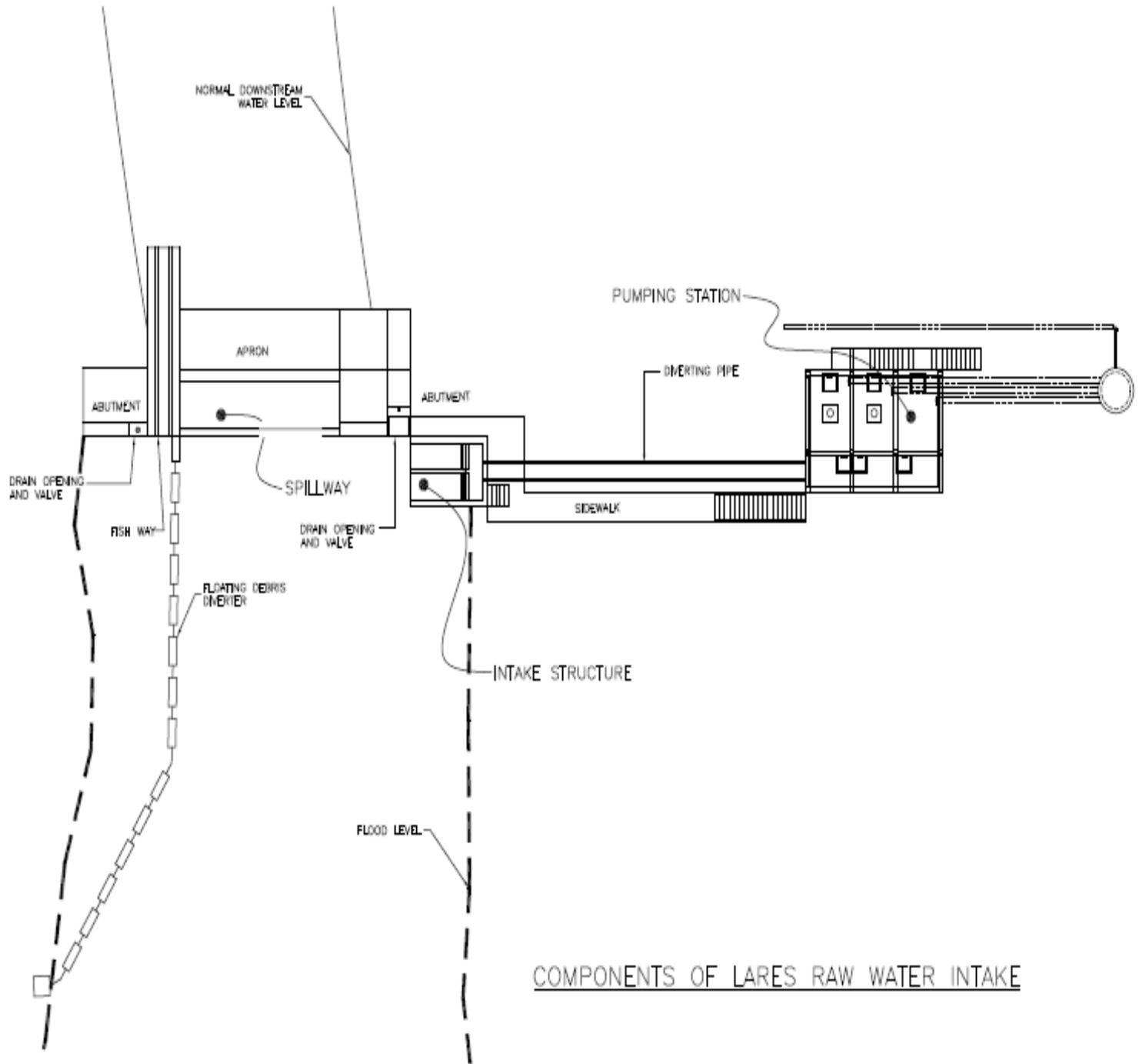
ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO



Actualmente existen más de 100 tomas activas para abastecimiento de aguas crudas.

Componentes de una Toma

- ◆ Muro de represa, vertedor y charca de retención
- ◆ Parrillas para sólidos grandes y pequeños
- ◆ Pozo de succión de bombas o cámara de desvío a conducto por gravedad
- ◆ Válvulas y/o compuertas para control del caudal desviado
- ◆ Compuertas de limpieza de la charca de retención
- ◆ Escalera de peces y deflector de escombros flotantes (si aplica)
- ◆ Componentes estructurales para acceso, anclaje y protección contra la erosión
- ◆ Sistema de aplicación de químicos para pretratamiento (si aplica)
- ◆ Caseta de Bombas y Equipo eléctrico
- ◆ Tuberías de conducción hacia la planta de potabilización
- ◆ Medidor de caudal desviado
- ◆ Generador de Electricidad de Emergencia



COMPONENTS OF LARES RAW WATER INTAKE

Características Deseadas al Ubicar/Diseñar una Toma

💧 Ubicación

- Accesibilidad adecuada y protegida del efecto erosivo y destructor de las crecidas de ríos y quebradas
- Sitio con caudal suficiente para apoyar la producción de agua potable necesaria y para mantener caudal ambiental en el río o quebrada objeto de la extracción
- Se aproveche la hidráulica e hidrodinámica del canal natural para evitar la acumulación de sedimentos que afecten o impidan su función

Características Deseadas al Ubicar/Diseñar una Toma (Cont.)

💧 Diseño

- Permita el desvío de caudal suficiente para producción y la continuación de caudal ambiental aguas abajo
- Proteja los componentes complementarios de la inundabilidad y poder erosivo de las crecidas del canal natural
- Su arreglo o dimensiones no produzcan un obstáculo que impida la emigración de la fauna acuática o generen inundaciones que produzcan daños a vida o propiedad
- Tenga provisiones para mitigar efectos adversos, tales como escaleras de peces
- Tenga provisiones para facilitar remoción de sedimentos con equipo mecánico
- Permita la provisión costo efectiva de servicio eléctrico y de comunicación por telemetría



Retos al Ubicar/Diseñar una Toma

- 💧 Protección de los ríos del país mediante mantenimiento de caudales ambientales y eliminación de obstáculos que afecten la variedad de su flora y fauna, o su morfología.
- 💧 Proveer acceso adecuado para asegurar el mantenimiento requerido.
- 💧 Proveerle servicio eléctrico estable.
- 💧 Proveer oportunidad para implementar trasvases entre cuencas hidrográficas.



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Tomas de Represas

- Entre 1900-1945 las represas construidas por la AAA fueron incidentales a pequeños sistemas de acueductos. Este tipo de represa data desde la primera, construida en Río Piedras a finales del siglo 19, hasta la más reciente construida en el Río Grande de Añasco.
- La primera fue parte del primer sistema de acueducto de la Ciudad de San Juan y la última es parte de las mejoras al sistema de acueducto de Lares.
- Su conceptualización y diseño actual considera mantenimiento de caudales ambientales y de la emigración de especies acuáticas.



Antigua Toma en el Río Piedras (1898)

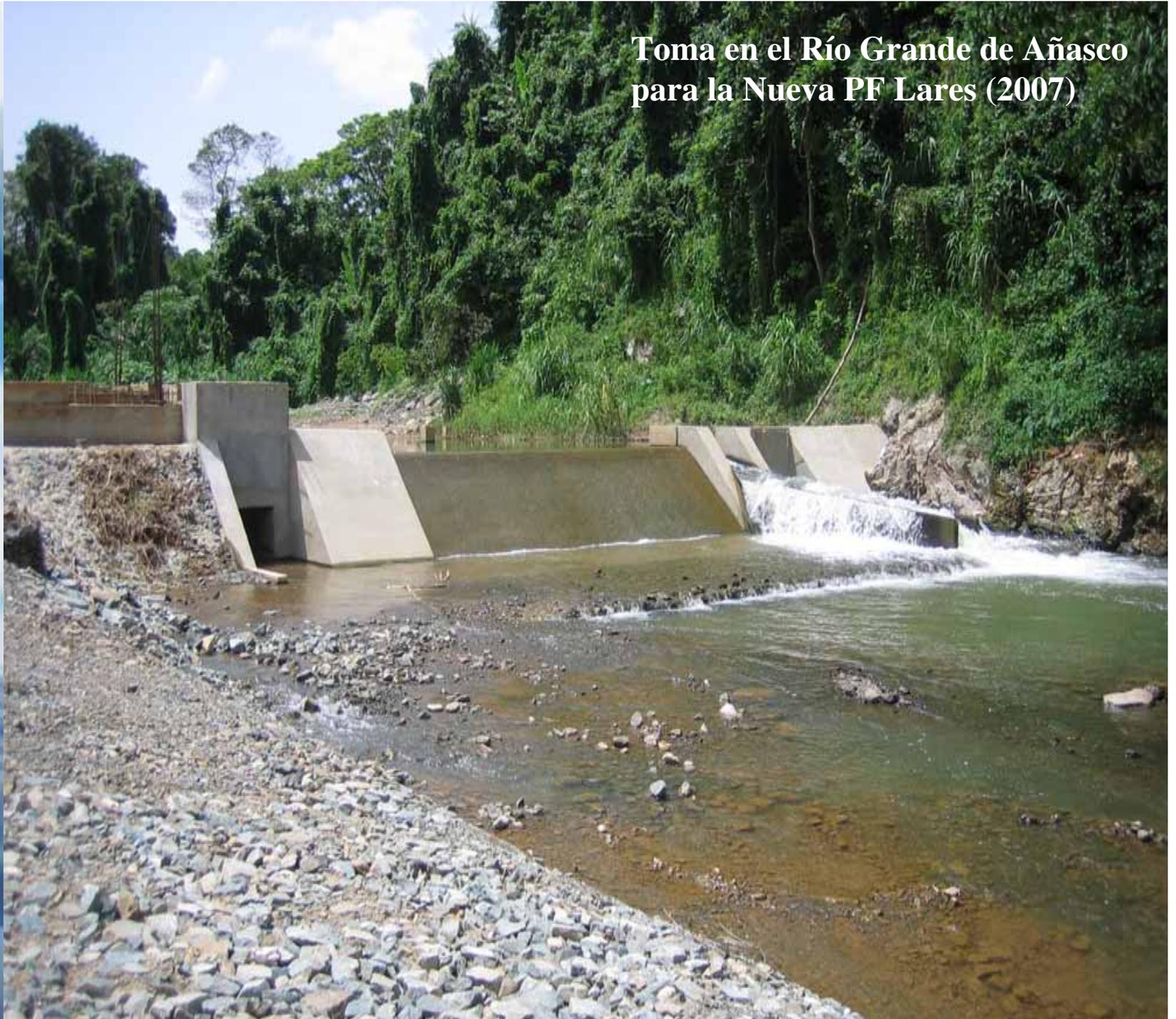


Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO



**Toma en el Río Grande de Añasco
para la Nueva PF Lares (2007)**



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Toma Río Canóvanas con escalera de peces integrada. Presenta problemas de acumulación de sedimentos. Mantiene caudal ambiental.



**Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados**

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Tomas en Embalses

- Los primeros embalses del país fueron construidos inicialmente (entre 1913-1943) para satisfacer necesidades de riego agrícola y generación de energía hidroeléctrica y gradualmente fueron aprovechados también para abastecimiento de agua potable.
- A partir de 1946 se construyeron embalses para abastecimiento de agua potable exclusivamente. Se construyeron los embalses Cidra y Las Curias (Río Piedras). Posteriormente Loiza (1954), Toa Vaca (1972), La Plata (1974), Fajardo (2003) y Río Blanco (actualmente en construcción).
- En el 1991 se construyó el Embalse Cerrillos con uso primario de control de inundaciones y al cual se le añadieron usos de abastecimiento de agua potable y recreación.
- Se ha comenzado el desarrollo del Embalse Valenciano para servicio a los municipios de Juncos, Las Piedras y San Lorenzo, considerando el mantenimiento de caudales ambientales.



Evolución del Uso de los Embalses

- Riego – inicialmente para producción de caña de azúcar
- Generación de Energía Eléctrica
- Abastecimiento de Agua Potable
- Control de Inundaciones
- Recreación – de oportunidad (Guajataca, Dos Bocas y Garzas) y planificada (Cerrillos)



Nuevas Tendencias en la Construcción de Tomas

- Pozos Colectores Horizontales
- Embalses Fuera del Río
- Modificación de Tomas



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Pozo Colector Horizontal

- Toma mediante pozo colector horizontal (Pozo Ranney)
 - Concepto desarrollado por el Sr. Leo Ranney, un ingeniero de Iowa, en 1920 para extraer petróleo y posteriormente aplicado a la industria del agua.
 - Consiste de un foso (caisson) central del cual salen tubos horizontales extendiéndose radialmente dentro de un acuífero aluvial con alta saturación y transmisividad, que es alimentado por un río o quebrada.
 - Los tubos radiales tienen secciones perforadas que recogen el agua del acuífero aluvial para descargarlo en el caisson que sirve de pozo de succión para las bombas que impulsan el agua cruda hacia la planta potabilizadora.
 - Se aprovecha el relativo alto rendimiento del acuífero y la filtración natural (Riverbank Filtration) que producen las capas de suelo entre el fondo del río o quebrada y los tubos colectores.



Concepto Pozo Colector de Aguas Crudas

MAD RIVER



CAISSON

SAND & GRAVEL
AQUIFER

LATERALS

BEDROCK



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Pozo Colector Horizontal

- La filtración natural simplifica el proceso de potabilización debido a la relativa baja turbidez del agua cruda.
- Para abastecimiento público existen en Puerto Rico dos tomas de este tipo:
 - PF La Virgencita – dos pozos colectores en el Río La Plata
 - PF Acueducto Municipal del Municipio Autónomo de Carolina – un pozo colector en el Río Grande de Loiza
- La AAA planifica construir un pozo colector adicional en el Río La Plata para aumentar el abastecimiento de la PF La Virgencita y reducir la dependencia del Acueducto de la Costa Norte para Servicio a Toa Alta y partes de Naranjito y Corozal.



Crecida en el Río La Plata



**Entrada de Aguas Crudas a la PF La Virgencita
proveniente del Pozo Colector durante
crecida del Río La Plata**



**Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados**

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Embalses Fuera de Ríos

- Laguna de Retención del Acueducto de la Costa Norte
- Embalse Fajardo
- Embalse Río Blanco



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

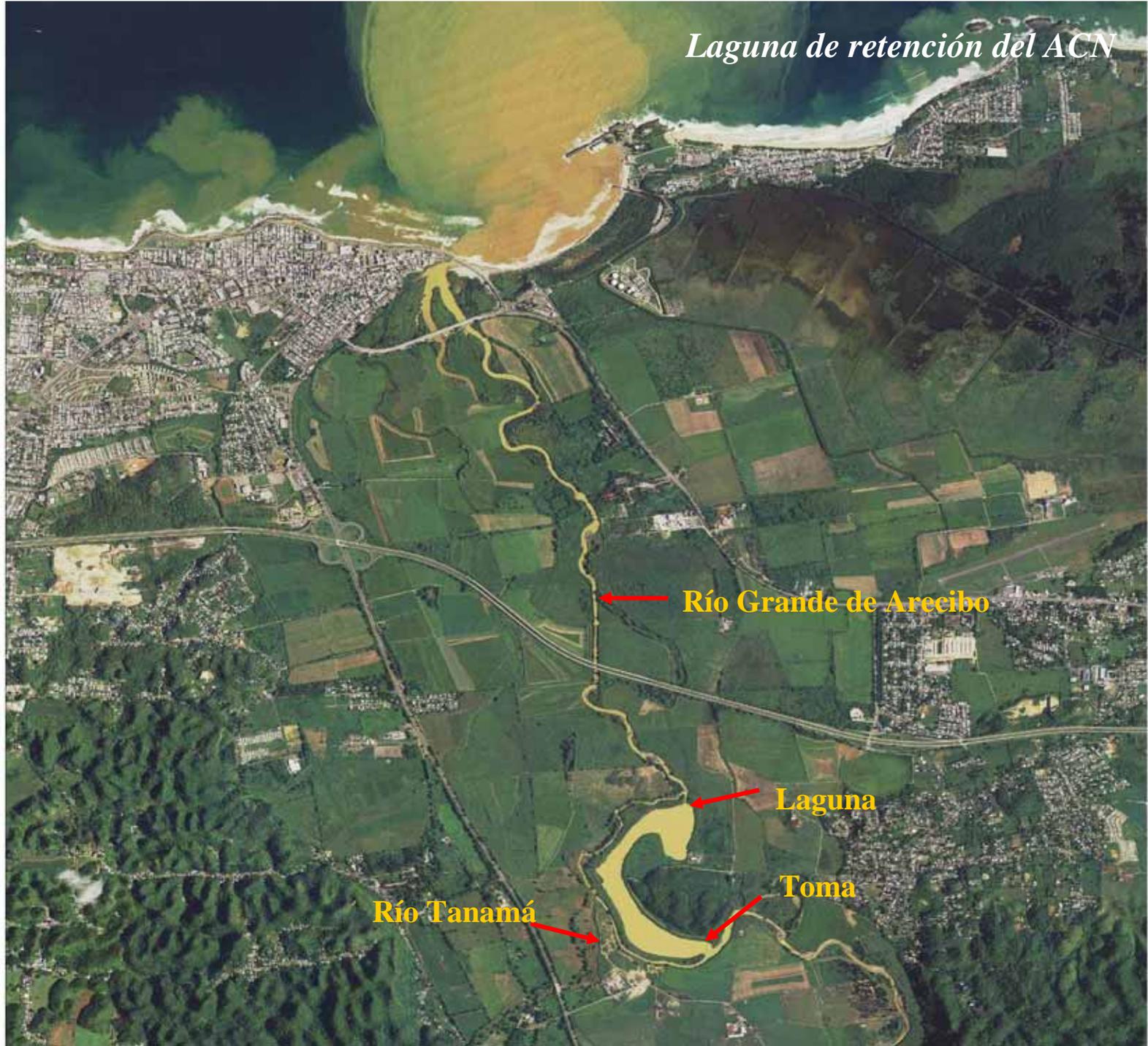
Laguna de Retención del Acueducto Costa Norte

- Mantiene caudales ambientales
- Permite la presedimentación para reducir la turbidez que llega a la Planta de Filtración
- Altamente efectiva para mantener caudales ambientales
- No presenta impedimento a la migración de especies en el Río Grande de Arecibo o Río Tanamá



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

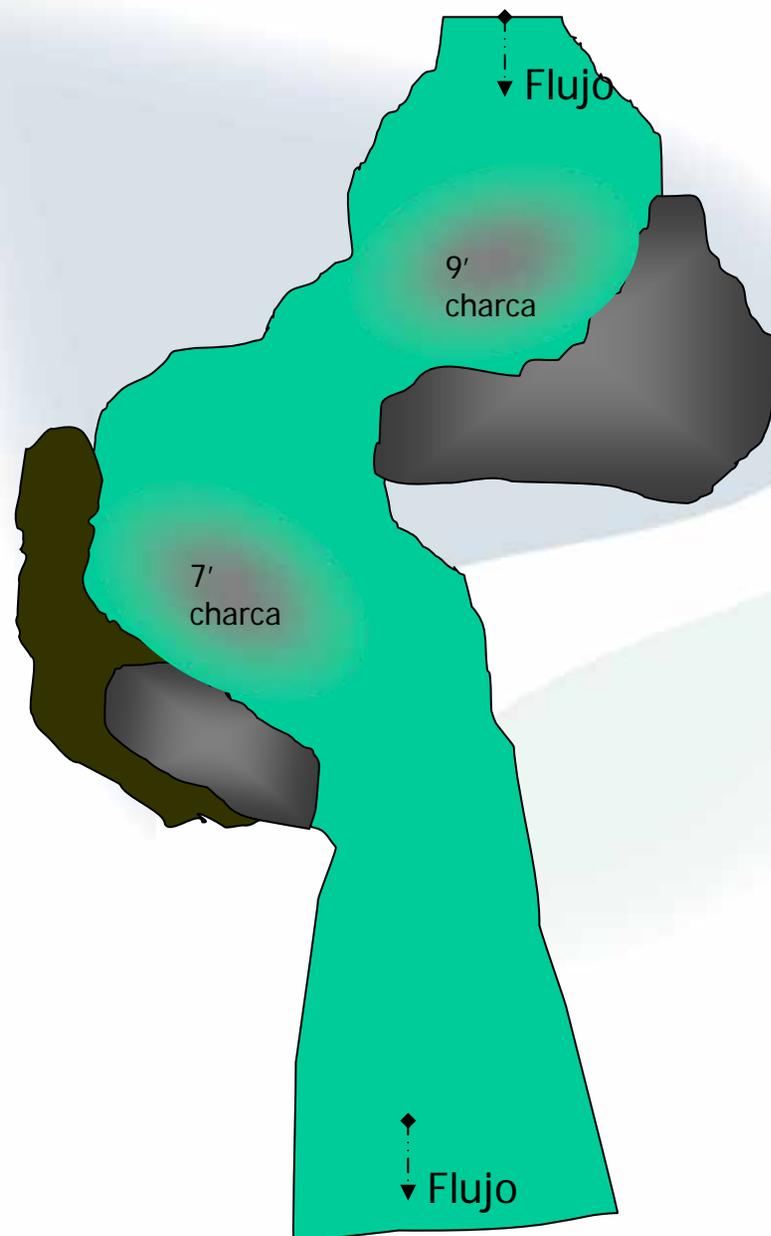


Toma en el Río Fajardo

Consideraciones para ubicación

Geomorfología original del Río

- Las características geomorfológicas originales fueron de gran peso en la selección del sitio para construir la toma de agua.
- El criterio de diseño de la toma tenía los siguientes propósitos:
 - Dejar en el río la mayor cantidad de sedimentos para alargar la vida del embalse y simplificar el funcionamiento de la tubería.
 - Minimizar el mantenimiento evitando que se tape con sedimentos.
 - Permitir el paso de las especies acuáticas migratorias
 - Garantizar el caudal mínimo necesario para mantener las especies aguas abajo de la toma (caudal ambiental)

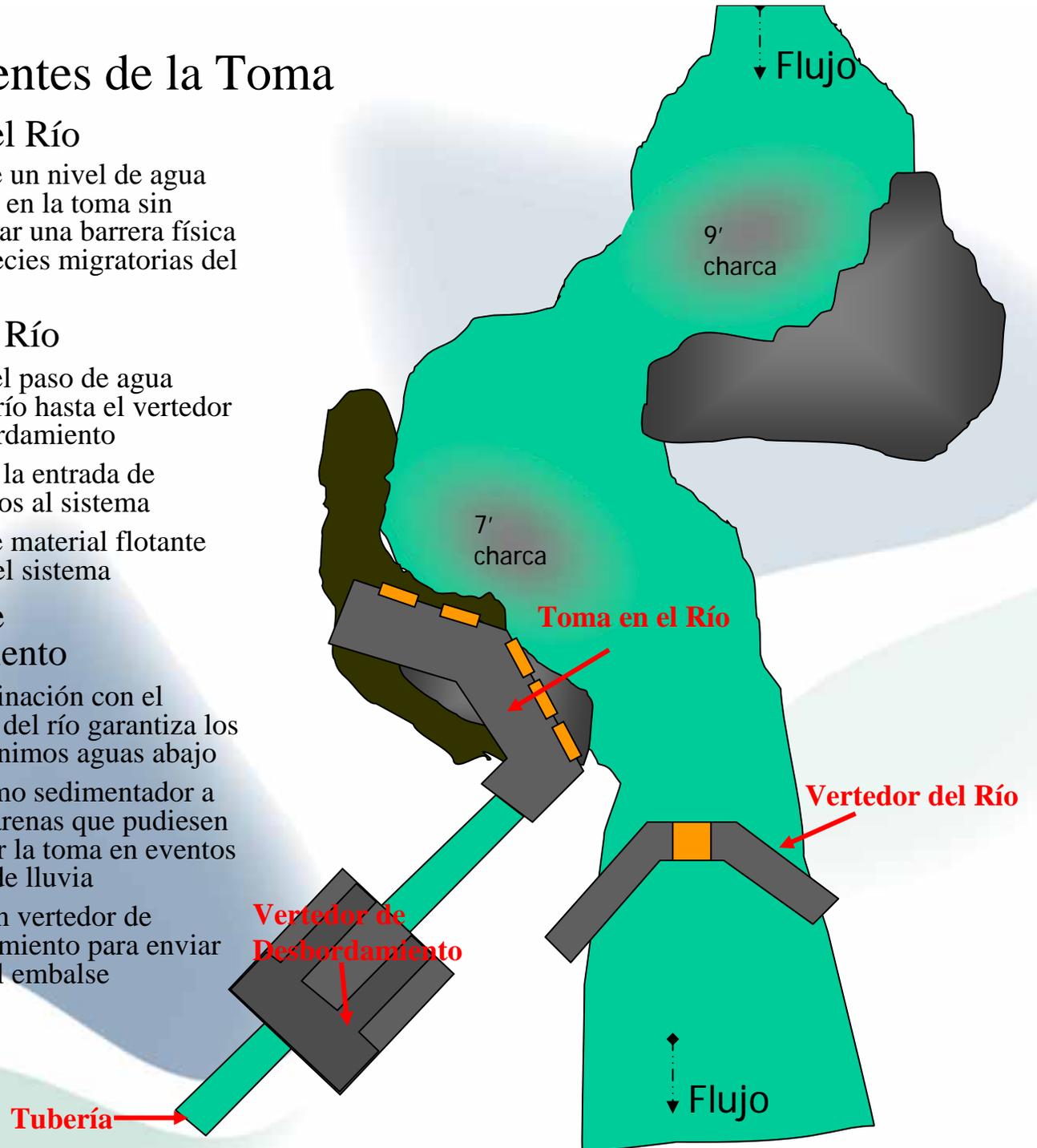


Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

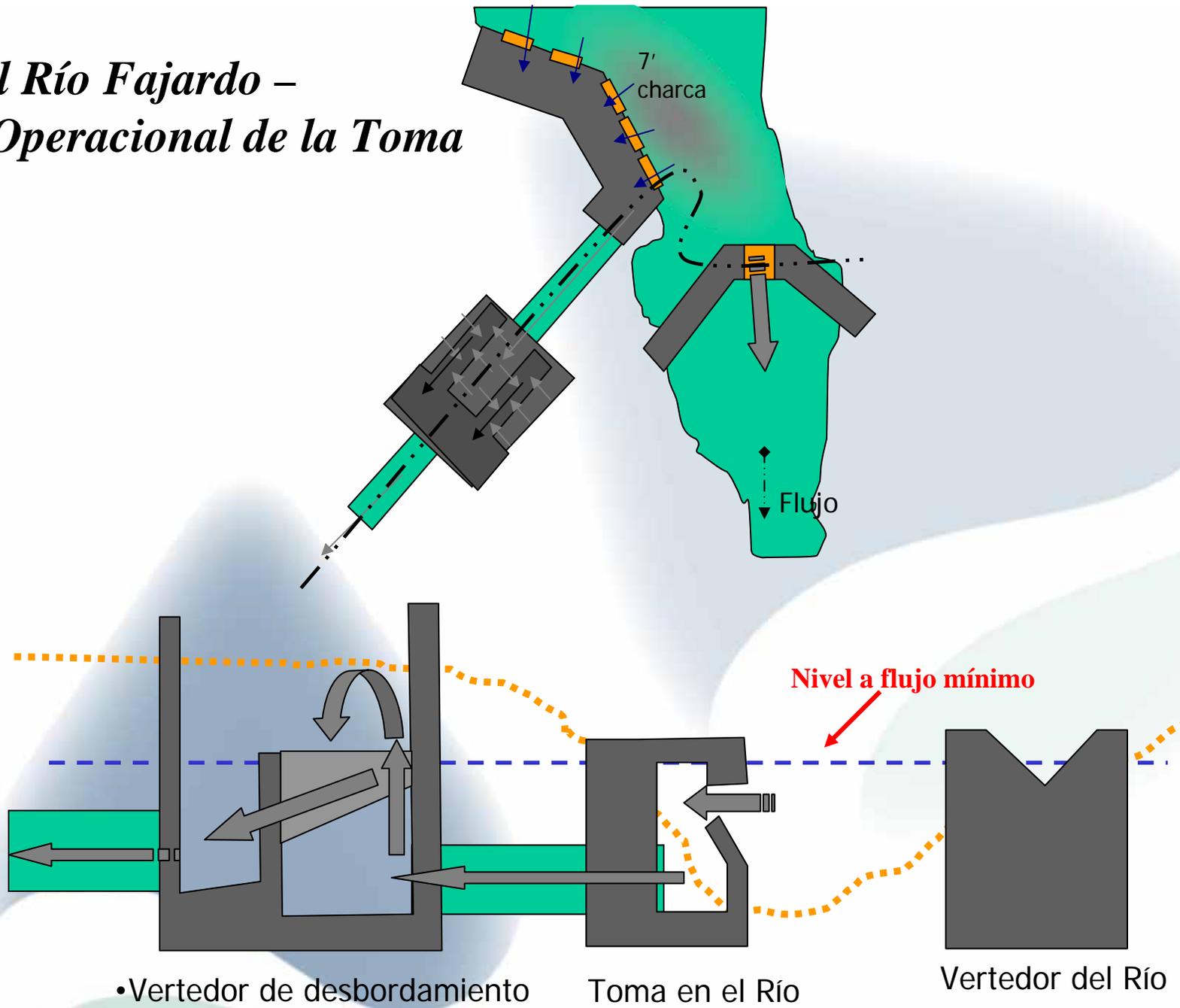
ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Componentes de la Toma

- Vertedor del Río
 - Mantiene un nivel de agua uniforme en la toma sin representar una barrera física a las especies migratorias del río.
- Toma en el Río
 - Permite el paso de agua desde el río hasta el vertedor de desbordamiento
 - Dificulta la entrada de sedimentos al sistema
 - Evita que material flotante entre en el sistema
- Vertedor de desbordamiento
 - En combinación con el Vertedor del río garantiza los flujos mínimos aguas abajo
 - Sirve como sedimentador a algunas arenas que pudiesen entrar por la toma en eventos grandes de lluvia
 - Provee un vertedor de desbordamiento para enviar el agua al embalse



Toma en el Río Fajardo – Concepto Operacional de la Toma



Toma en el Río Fajardo



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

*Toma de Torre en el Embalse
Fuera del Río Fajardo*



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

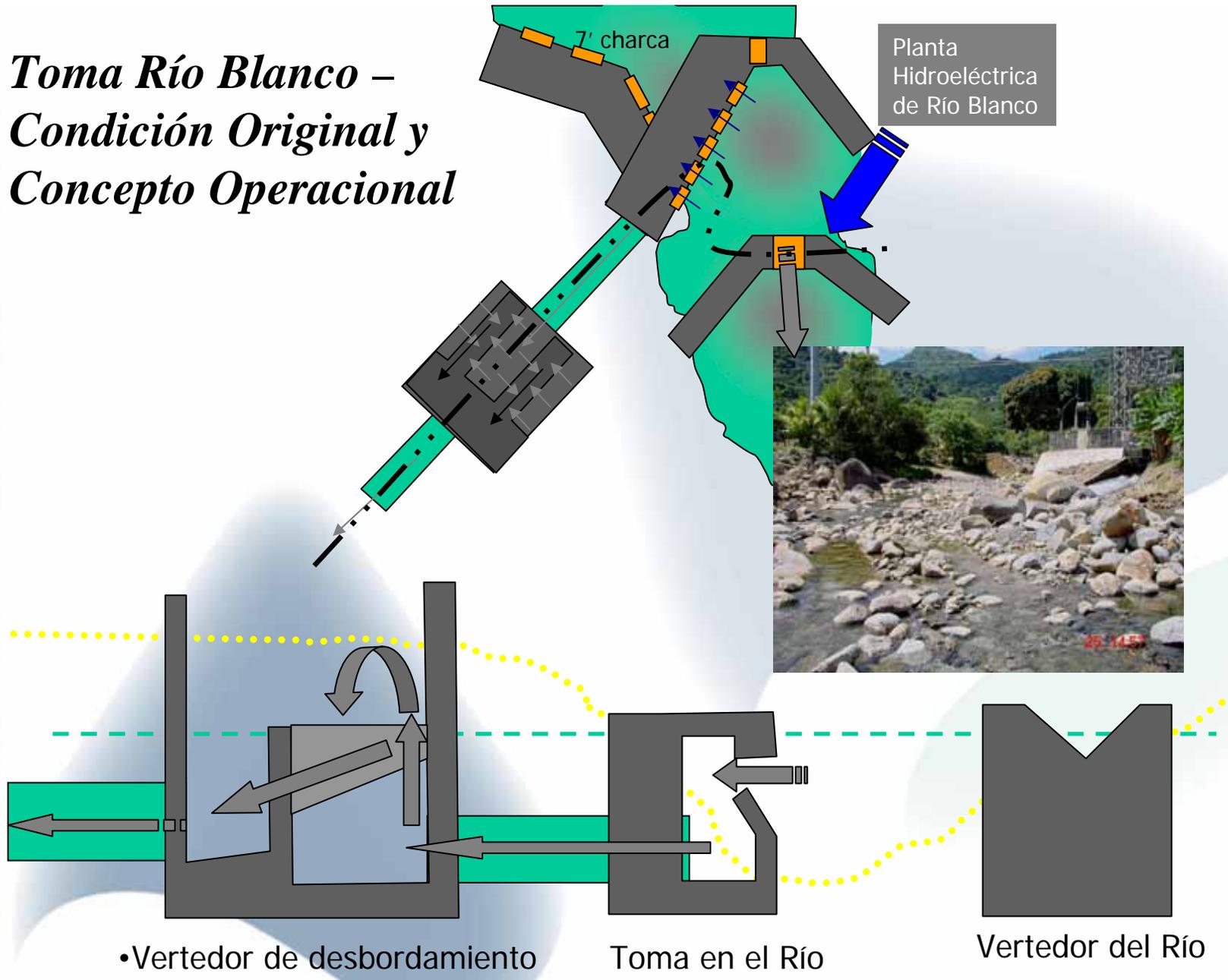
ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Toma en el Río Blanco

- Toma en el Río Blanco para Nuevo Embalse
 - El concepto de la Toma de Fajardo fue modificado para evitar la acumulación de sedimentos en la charca.
 - Mediante un muro de altura mínima se provoca una caída de agua antes de la Toma para que la energía del río crecido (turbulencia y velocidad) transporte los sedimentos aguas abajo.
 - El vertedor que forma la charca de la Toma también provoca que la energía del río forme otra charca aguas abajo de este, para facilitar la migración en contra de la corriente.



Toma Río Blanco – Condición Original y Concepto Operacional



Toma en el Río Blanco

Toma

Muro anterior

Vertedor

2da charca



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

**Crecida del Río Blanco 3,500 cfs
(aprox.)**

Muro Anterior

Vertedor



Modificación a la Toma Existente en el Río Blanco

- Se aprovechó la oportunidad de la construcción del nuevo embalse para modificar la Toma existente, que continuará en uso
- Se construyó una escalera para peces, para mitigar la anterior barrera física a la migración de especies acuáticas.



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Toma Original en el Río Blanco



**Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados**
ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

19 15:35

Construcción de escalera de peces



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Escalera de peces completada



27/02/2007 2:15 pm



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Problemas Operacionales

- Acumulación de escombros y sedimentos cuando ocurren crecidas en los ríos o quebradas
- Interrupciones frecuentes del servicio eléctrico, principalmente en sistemas de la zona central montañosa
- Inaccesibilidad en temporada lluviosa, que dificulta continuidad del servicio
- Alta turbidez en temporada lluviosa
- Acumulación de sedimentos, cuya rápida remoción se dificulta por poca accesibilidad y permisología
- Vandalismo



Retos Prospectivos

- Mantener la protección de la calidad del agua cruda.
- Armonizar la ubicación, construcción y operación de las Tomas en cumplimiento con las nuevas normas y políticas del DRNA.
- Maximizar la efectividad de la inversión en nuevas tomas, considerando lo anterior y las necesidades de la AAA para satisfacer las necesidades del servicio a sus clientes.
- Maximizar las características de la Toma Ideal.
- Conservar los terrenos para nuevos embalses que provean economía de escala y ventajas ambientales.



Autoridad de Acueductos
y Alcantarillados

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO



Gracias