



**ASOCIACIÓN INTERAMERICANA
DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL - AIDIS**

IV-Perroni-Uruguay-1

**DISPOSICIÓN DE EFLUENTES DE TIJUANA – UNA SOLUCIÓN
TRANSFRONTERIZA**

Alejandra Perroni ⁽¹⁾

Ingeniera Civil, Hidráulica y Sanitaria por la Universidad de la República, Uruguay. Ingeniera de Proyectos del Área Hidráulica y Ambiental de CSI Ingenieros SA, Uruguay.

Alfredo Spangenberg

Ingeniero Civil, Hidráulico y Sanitario por la Universidad de la República, Uruguay. Gerente del Área Hidráulica y Ambiental de CSI Ingenieros SA, Uruguay.

Marcos Bigatti

Ingeniero Civil, Hidráulico y Sanitario -Universidad de la República, Uruguay. Gerente de Proyectos del Área Hidráulica y Ambiental de CSI Ingenieros SA, Uruguay.

Hermila Tinoco Téllez

Licenciada en Economía y MC en Desarrollo Regional. Subdirectora de Planeación de la CESPT (Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana), Baja California, México.

Toribio Cueva

Químico y Profesor de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. Subdirector de Saneamiento de la CESPT (Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana), Baja California, México.

Alejandro Capeluto

Ingeniero Civil, Hidráulico y Ambiental por la Universidad de la República, Uruguay. Ingeniero de Proyectos del Área Hidráulica y Ambiental de CSI Ingenieros SA, Uruguay.



Dirección (1): Soriano 1180 - Montevideo – CP 11100 - Uruguay - Tel.: (+598) 2-9021066 - Fax: (+598) 2-9019058 - e-Mail: aperroni@csi.com.uy.

RESUMEN

La Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN) y la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT), convocaron a la realización de un estudio conceptual para la disposición de las aguas residuales tratadas de la ciudad de Tijuana, generadas en la cuenca del río del mismo nombre, que incluyó la evaluación de diversas alternativas para su disposición, y cuyo objetivo responde a satisfacer las necesidades de salud pública humana y protección ambiental. Todo en el marco de tratados y normativas binacionales por el carácter transfronterizo de los aspectos involucrados.

El estudio realizado incluyó la selección de alternativas de conducciones y puntos de disposición final, y un análisis multicriterio, involucrando aspectos técnicos, económicos y ambientales para la evaluación de las mismas. Este trabajo permitió contar con una herramienta de decisión para la adopción de la alternativa más conveniente.

PALABRAS CLAVE

Conducciones, Saneamiento, Evaluación, Multicriterio.

INTRODUCCIÓN

La Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN) y la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT), convocaron a la realización de un estudio conceptual para la disposición de las aguas residuales tratadas de la ciudad de Tijuana, México, generadas en la cuenca del río del mismo nombre, que incluye la evaluación de diversas alternativas para la disposición de las aguas.

El sistema de saneamiento de la ciudad contaba, en 2004, con dos plantas de tratamiento y se tenía prevista la construcción de tres plantas más de nivel secundario.

El principal antecedente era el reciente "Plan Maestro de Agua Potable y Saneamiento en los Municipios de Tijuana y Playas de Rosarito", realizado en el año 2002; en cuyo marco, luego de analizar diversas alternativas complejivas de abastecimiento de agua y saneamiento, se preveía la disposición final de los efluentes de las plantas de tratamiento a través del Emisor de San Diego, California, (South Bay Ocean Outfall -SBOO).

Los Términos de Referencia del nuevo estudio conceptual, así como los resultados obtenidos en sus primeras etapas, mostraron la necesidad de contemplar otras opciones:

- La posibilidad de derivación de efluentes hacia zonas de potencial reuso al sur.
- La estimación preliminar de las características y costos de un posible emisor en México.
- Implementación de la solución en etapas, de forma de lograr una menor inversión inicial, como es el caso de la utilización del canal del río Tijuana como transporte de los efluentes en territorio de México.

El Objetivo principal consistió en disponer de un estudio de disposición final de las aguas tratadas que drenan al Río Tijuana (en la ciudad de Tijuana) cuyos resultados, una vez aplicados, permitieran alcanzar la premisa básica del Plan Maestro: "El efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales propuestas para la ciudad de Tijuana no podrá cruzar hacia los Estados Unidos por el Río Tijuana durante la época de estiaje".

El estudio realiza el planteo y evaluación de alternativas que cubren un amplio espectro de costos. Algunas implican la independencia de la disposición final con relación a la infraestructura existente en los Estados Unidos (disposición en la costa mexicana) que serán consideradas junto con la alternativa de compartir el emisor de San Diego con Estados Unidos.

ENFOQUE METODOLÓGICO

El trabajo realizado se organizó en tres etapas, que se indican a continuación, listándose las principales tareas abordadas en cada una de las etapas.

Estudios Básicos:

- Marco conceptual para definición de alternativas
- Recopilación y análisis de la información

Identificación y desarrollo de alternativas

- Identificación de puntos de disposición final
- Diseño conceptual de alternativas y estimación preliminar de costos de inversión y operación y mantenimiento

Evaluación de alternativas

- Definición de los criterios y ponderación asociada para el análisis comparativo de las alternativas.

- Evaluación técnica, ambiental y económica de las alternativas de acuerdo con los criterios seleccionados.
- Análisis Multicriterio y propuesta de selección de la más conveniente.

SITUACIÓN ACTUAL

Área de estudio

En los últimos 20 años, se ha producido un crecimiento explosivo en los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito, creando desafíos significativos para el organismo responsable del agua potable y el alcantarillado sanitario, CESPT (Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana). La población combinada de ambos municipios se estimaba en cerca de 1.4 millones de habitantes en 2002.

El área de estudio, considerando el aporte al sistema de saneamiento, comprende básicamente la parte urbanizada de la cuenca del río Tijuana en territorio de México. Esta zona se encuentra en el Municipio de Tijuana, ubicado en el extremo noroeste de México y del Estado de Baja California, del cual forma parte.

Posee una superficie total de 1,293.42 km², y limita al norte con Estados Unidos (Estado de California), al este y al oeste con los municipios de Tecate y Playas de Rosarito, respectivamente, ambos pertenecientes al Estado de Baja California. Al Oeste limita también con el Océano Pacífico, y al sur con Ensenada.

La orografía está constituida por sierras y valles pequeños en los cuales se presenta una gran variedad de pendientes y corrientes hidrológicas intermitentes, así como fallas geológicas.

Tijuana no cuenta con ríos de flujo permanente, la principal corriente intermitente es el Río Tijuana, cuya cuenca pertenece en sus dos terceras partes a México, y el resto se encuentra en territorio estadounidense.

La cuenca del Río Tijuana cubre 4,430 km² (1,750 millas cuadradas). La precipitación en la cuenca varía entre 150 y 650 mm, y ocurre mayormente en el invierno, entre los meses de noviembre a mayo, presentándose algunas veces tormentas intensas que duran de tres a cuatro días. Durante los meses de verano y otoño, el flujo de corriente es prácticamente inexistente, mientras que durante los días de lluvia puede presentar caudales muy elevados, llegando a producir inundaciones.

El origen de los materiales del suelo en la región es principalmente sedimentario, aluvial y volcánico. Estos son materiales poco consolidados, y este hecho, sumado a las pendientes pronunciadas de la región, contribuye a aumentar los riesgos de deslaves y derrumbes.

Los acuíferos más importantes se localizan en las cuencas de los ríos Tijuana y Alamar y en la zona costera en el área de Playas de Rosarito, extendiéndose hasta los límites con el municipio de Ensenada.

El norte de la frontera mexicana se ha caracterizado por un explosivo crecimiento demográfico, superior al del resto de México. Esto ha sido provocado por un importante flujo migratorio. La tasa de crecimiento anual de los últimos años en el Municipio ha sido del 6.2%, correspondiendo 2% al crecimiento natural y 4% al social. En el estado la tasa de crecimiento en el mismo período fue del 4.98% y el nacional, 2%.

La industria maquiladora es el sector de actividad más relevante, seguida por la industria de alimentos y bebidas, la industria de la construcción y la fabricación de productos metálicos y no metálicos. Según el INEGI, a mediados del 2002 se contaba con 771 plantas, que representaban el 68.9% del total de plantas instaladas en el estado, y el 22.4% del total nacional. En estas instalaciones se emplean 179 mil personas.

Infraestructura existente

La principal fuente de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Tijuana es el río Colorado, siendo conducida desde la presa Morelos, ubicada en el Municipio de Mexicali, a lo largo de 246 km, por un sistema de canales y de tuberías a presión, hasta su almacenamiento en la presa El Carrizo, de 40 millones de m³ de capacidad de embalse. La capacidad de transporte del sistema es de 4 m³/s, al igual que la de la planta de potabilización de El Florido, que trata el agua.

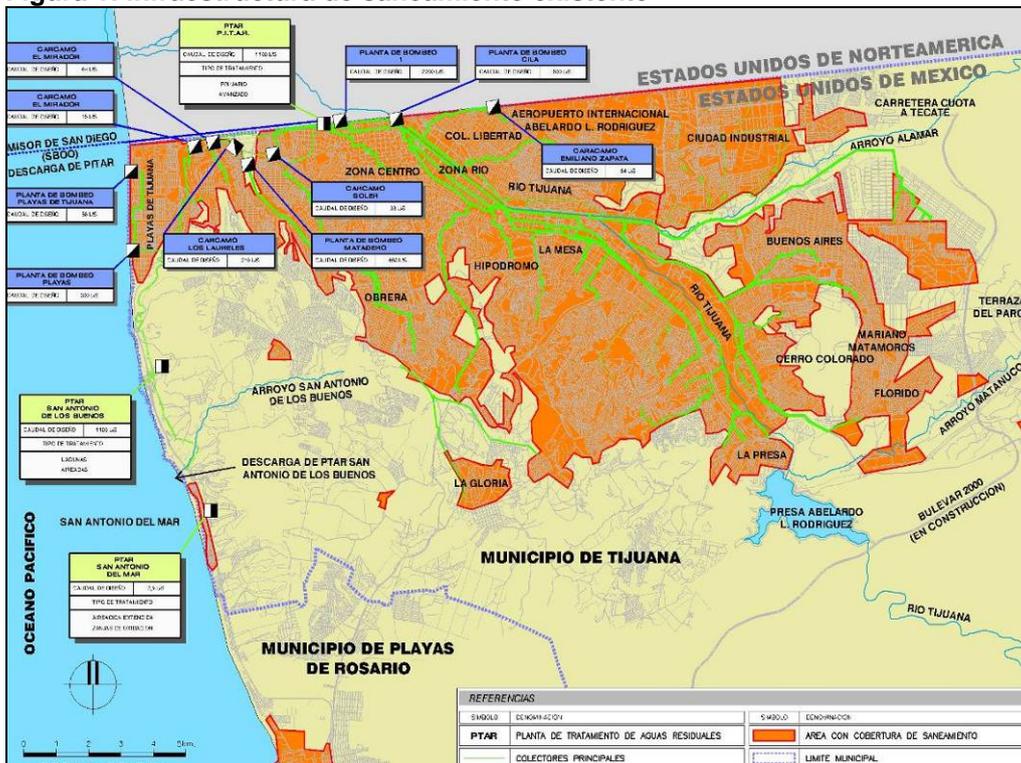
El abastecimiento de agua es gestionado por la CESPT, que a fines del 2003 tenía registradas 353,000 tomas residenciales, con una estimación de 1,450,000 habitantes conectados.

El servicio de Saneamiento también es gestionado por la CESPT. En diciembre de 2003, se contaba con 315,500 descargas registradas al servicio, de las cuales 290,705 eran conexiones residenciales y 2,503 de tipo industrial. Se estimaba a dicha fecha que la población conectada al alcantarillado sanitario alcanzaba 1,194,000 habitantes, lo cual representaba una cobertura del 76.7%.

Como principal vertiente de la ciudad, el Río Tijuana concentra gran parte de las aguas residuales que se generan en la misma mediante una extensa red de alcantarillado cuyo punto más bajo se encuentra en la estación de bombeo PB 1, ubicada aproximadamente a 1.5 km de la intersección del mencionado curso con la frontera internacional, sobre esta última, hacia el océano. El sistema de alcantarillado de la ciudad de Tijuana es de tipo separativo. El mismo trabaja en su mayor parte por gravedad, totalizando más de 2,500 km de longitud.

En la Figura 1 se muestran los principales componentes del Sistema de Saneamiento colectivo y el área cubierta por el mismo.

Figura 1: Infraestructura de saneamiento existente



En el momento de la realización de este estudio, el sistema de saneamiento de Tijuana contaba con dos plantas de tratamiento cada una de 1,100 L/s de capacidad.

La PITAR (Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales), se sitúa en territorio estadounidense, sobre la frontera en las cercanías de la PB 1 (cuenca del río Tijuana), y allí se tratan exclusivamente aguas residuales provenientes de la ciudad

de Tijuana. El tratamiento es de tipo primario avanzado. La planta es operada por Estados Unidos, quien le cobra a México una tarifa por el tratamiento de las aguas residuales que allí se tratan. La disposición de su efluente se realiza a través de un emisor, denominado emisor de San Diego (SBOO), el cual se sitúa en aguas territoriales estadounidenses sobre el Océano Pacífico, próximo a la frontera con México. Recibe, además de los efluentes tratados en la PITAR, los efluentes generados por el sur de la ciudad de San Diego. Tiene una longitud de 5,560 m y 3.7 m de diámetro, contando con una capacidad de conducción de un caudal medio de 7,623 L/s (174 MGD), y un caudal pico de 333 MGD.

El líquido que escurre durante tiempo seco por el cauce del río Tijuana ($Q < 500$ L/s) es captado por la estación de bombeo PB CILA y enviado hacia la PB1, donde también confluyen las aguas residuales generadas en toda la cuenca. A la entrada de la PB1 se permite el cruce por gravedad de hasta 1,100 L/s hacia la PITAR, bombeando a la planta de San Antonio de los Buenos el resto del caudal generado en la cuenca del Tijuana.

La planta de San Antonio de los Buenos, se sitúa sobre la zona costera a unos 5 km al sur de la frontera en territorio mexicano. El tratamiento consiste en lagunas aireadas, y allí se reciben el excedente de caudal de la cuenca del río Tijuana que no se puede tratar en la PITAR y el caudal correspondiente a subcuencas de la zona de Playas de Tijuana y zonas aledañas.

Dado lo marcado del relieve, se construyeron una serie de cárcamos (estaciones de bombeo) que reciben los caudales de distintas subcuencas situadas en la zona contra la frontera y la zona de Playas de Tijuana, y los envían hacia la planta de San Antonio de los Buenos.

Al momento de realizar el estudio, se encontraban en proceso de licitación 3 plantas de tratamiento, a ser operadas por la CESPT, con proyecto y construcción asociados al otorgamiento de un crédito de origen japonés. Dos de ellas se ubican en la cuenca del Río Tijuana: La Morita y Monte de los Olivos, ambas con tratamiento de nivel secundario. Además, se construiría otra planta, denominada el Florido, sobre el arroyo Matanuco. La capacidad de cada planta se muestra en la figura 2.

Para más adelante se tenía prevista la construcción de la planta de tratamiento Alamar, a ubicarse en la planicie del arroyo con el mismo nombre, al noreste de la urbanización.

Cuerpos receptores

Los actuales cuerpos receptores de los efluentes de la Ciudad de Tijuana son el Río Tijuana y el Océano Pacífico.

El río Tijuana es el receptor natural de drenaje de la mayor parte de la ciudad, y por lo tanto lo alcanzan los desbordes de las redes de agua y alcantarillado sanitario, así como el escurrimiento superficial de aguas de lluvia. Es receptor, además, a través del aporte del Río Alamar, de los efluentes de la ciudad de Tecate, en su mayor parte tratado. La planta de Tecate históricamente ha tenido problemas, pero existe un proyecto de mejora.

A través de acuerdos firmados entre Estados Unidos y México, durante la época seca el agua del Río Tijuana es captada antes de pasar la frontera y se transporta a una de las plantas de tratamiento existentes. Sin embargo, en época de lluvias, cuando el caudal supera los 500 L/s, se permite que el mismo continúe hacia el mar, con lo cual, esporádicamente, el estuario del río Tijuana (territorio estadounidense) también constituye un cuerpo receptor.

El Océano Pacífico es receptor a través de las plantas de tratamiento PITAR (mediante el emisor submarino SBOO) y San Antonio de los Buenos, así como a través del estuario del río Tijuana en tiempo de lluvia.

MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL

Aspectos institucionales

La planeación, construcción y operación de la infraestructura de saneamiento de la ciudad de Tijuana, es llevada a cabo por la CESPT, y presenta características particulares por su afectación a los dos países fronterizos.

- La Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), con secciones en México y Estados Unidos, tuvo como cometido original abarcar todo lo referente a la distribución de las aguas de los ríos Colorado, Bravo y Tijuana, así como algunas cuestiones de saneamiento a lo largo de la frontera entre los dos países. Dos elementos importantes de la infraestructura de saneamiento de Tijuana son operadas por la CILA: la planta de bombeo que capta el caudal de tiempo seco del río Tijuana, y la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales (PITAR).
- La Comisión Nacional del Agua es la dependencia de nivel federal responsable de la aplicación de la Ley de Aguas Nacionales y las normas de calidad que se han emitido para conservar la calidad del recurso hídrico. Dirige y administra estudios, proyectos y obras de infraestructura hidráulica para servicios de agua potable y saneamiento.
- La Comisión Estatal del Agua (CEA) tiene funciones de planeación sobre el uso del agua y el desarrollo de infraestructura al respecto en el estado. También coordina las relaciones entre los organismos operadores en los municipios (CESP's)
- Pero para comprender en su globalidad el ámbito institucional en este contexto binacional es oportuno reseñar la evolución que han tenido los tratados y negociaciones entre ambos países en referencia a este tema a lo largo de la historia.

Acuerdos internacionales

Los gobiernos de Estados Unidos y México, han suscrito, a través de sus secciones nacionales de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA Mexicana y IBWC estadounidense), numerosos acuerdos que se manifiestan en actas. En ellas se establecieron los costos de inversión, operación y mantenimiento de PITAR, y los valores correspondientes a México. Las obras de la planta en México, también fueron acordadas entre las partes, y también otros aspectos inherentes a las obras de saneamiento de Tijuana

En Acta firmada en 2004, se establecía la provisión de tratamiento secundario para la PITAR, así como tratamiento de efluentes adicionales de Tijuana, en las siguientes condiciones, si el tratamiento secundario no es provisto en los EEUU:

- Planta de 59 MGD consistente con el Plan Maestro de Tijuana, que determinó las necesidades de tratamiento para Tijuana para el 2023.
- El efluente a descargar por el emisor de South Bay cumplirá con la calidad de agua requerida por las leyes de EEUU.
- El proyecto será implementado por una sociedad pública-privada.
- La Comisión Binacional realizará la selección de contratistas y el monitoreo y evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento como en proyectos previos.

El 6 de noviembre de 2000 el Congreso de los Estados Unidos aprobó la Ley Pública (Public Law) 106-457, Estuaries and Clean Waters Act of 2000, la cual fue ratificada por el Presidente Clinton.

El Título VIII, titulado Tijuana River Valley Estuary and Beach Cleanup indica que, previa negociación de un nuevo tratado y la firma de un acta, la Sección Estadounidense de la Comisión Internacional de Límites de Aguas (CILA) está autorizada para tomar las medidas necesarias para proporcionar tratamiento secundario en México para hasta 50 mgd (2,190 l/s) de:

- 25 MGD (1,095 l/s) de efluente primario avanzado de la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales (PITAR), y

- 25 MGD de aguas residuales adicionales generadas en México.

Adicionalmente, la planta de la Ley Pública podría proporcionar 25 mgd (1,095 l/s) adicionales de tratamiento secundario en México con base en los resultados de actividades de planeación del Plan Maestro. El efluente secundario de la planta de la Ley Pública podría ser reutilizado en México o en los Estados Unidos (previo tratamiento adicional) o descargado al mar a través de emisor submarino de South Bay en San Diego.

Normatividad

Dado el contexto binacional en que se presenta el tema de estudio, así como el resultante carácter transfronterizo de los efectos, deben tenerse presentes las normativas de ambos países en relación a la disposición de las aguas residuales.

Dentro de la normativa mexicana, y yendo de lo general a lo particular se encuentran Leyes, Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas. Las más específicas son las NOM-001 a 003, que establecen límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas en aguas y bienes nacionales, a sistemas de alcantarillado urbano o municipal y para reuso en servicio público, respectivamente.

- En lo que respecta a la normativa estadounidense se pueden identificar los siguientes: Reglamentos y leyes federarles, del Estado de California y de la Región de San Diego. En particular, el California Ocean Plan, tiene como objetivo la calidad de las aguas oceánicas para uso y recreación. En él se definen, para distintos beneficios de uso, objetivos de calidad en función de parámetros físicos, químicos, biológicos y bacteriológicos. Por otra parte, como reglamento más específico, pero que atañe particularmente al caso de interés de este estudio, se debe tener en cuenta el permiso de descarga (NPDES).

IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

Generación de efluentes

La base para el estudio de la disposición final de los efluentes de las plantas de tratamiento situadas en la cuenca del río Tijuana es la alternativa seleccionada por el Plan Maestro en lo que respecta a ubicación, capacidad y calidad de tratamiento de las mismas: Planta Alamar, Monte de los Olivos, La Morita, El Florido y su posterior ampliación como Planta Ampliación La Morita. Estas 3 últimas plantas se identificarán como las plantas del Crédito Japonés, a pesar de que El Florido no se vea incluido en dicho financiamiento, ya que la misma se asimila a la Planta Ampliación La Morita.

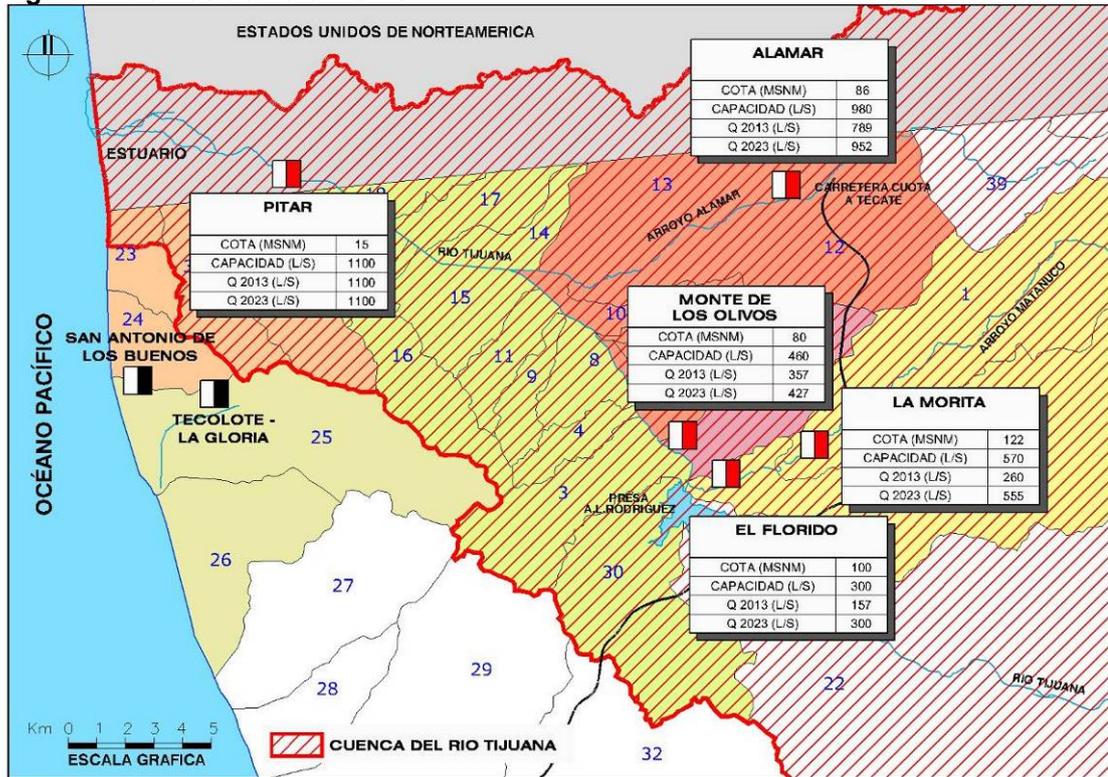
En lo referente a la calidad de tratamiento, el Plan Maestro propone en forma general tratamiento de tipo secundario, consistente en lodos activados convencionales, con desinfección, con digestión aeróbica de los lodos, secado y acondicionamiento químico de los mismos. En el proceso de selección de alternativas de tratamiento desarrollado para la licitación de las plantas incluidas en el Crédito Japonés (Monte de los Olivos y La Morita), se dio preferencia a la opción de lodos activados (convencionales o aeración extendida) seguida de desinfección por cloro gas.

A continuación, en la Figura 3 se presenta la ubicación de las plantas de la zona de estudio (3 del crédito japonés, Alamar y PITAR) y del área de influencia (S. A. de los Buenos, y Tecolote - La Gloria)¹, así como información relevante de capacidad media y caudales medios afluentes. La capacidad allí señalada corresponde al valor final (año 2023). Cabe señalar que las capacidades intermedias (al año 2013) son respectivamente: 789 L/s para Alamar, 380 L/s para La Morita, y 100 L/s para El Florido (ampliación La Morita). Monte de los Olivos contaría con la capacidad final

¹ Tecolote – La Gloria es una planta próxima a construirse en el marco del financiamiento a través del Crédito Japonés, en Tijuana fuera de la cuenca del Río Tijuana

desde el comienzo, y la PITAR también, debiéndose implementar el tratamiento secundario en ésta última.

Figura 2: Plantas de tratamiento



Puntos de descarga

Dentro del área de influencia del presente estudio, se encuentran como posibles cuerpos receptores: el Océano Pacífico, el Estuario del río Tijuana, y la Presa Abelardo L. Rodríguez. Más específicamente, sobre dichos cuerpos receptores se plantean, según las distintas alternativas propuestas, los siguientes puntos de descarga: (1) SBOO (emisor de San Diego), (2) Cañada San Antonio de los Buenos, (3) zona costera de Popotla, (4) extremo aguas arriba de la Presa Abelardo L. Rodríguez, y (5) estuario del río Tijuana en territorio de Estados Unidos.

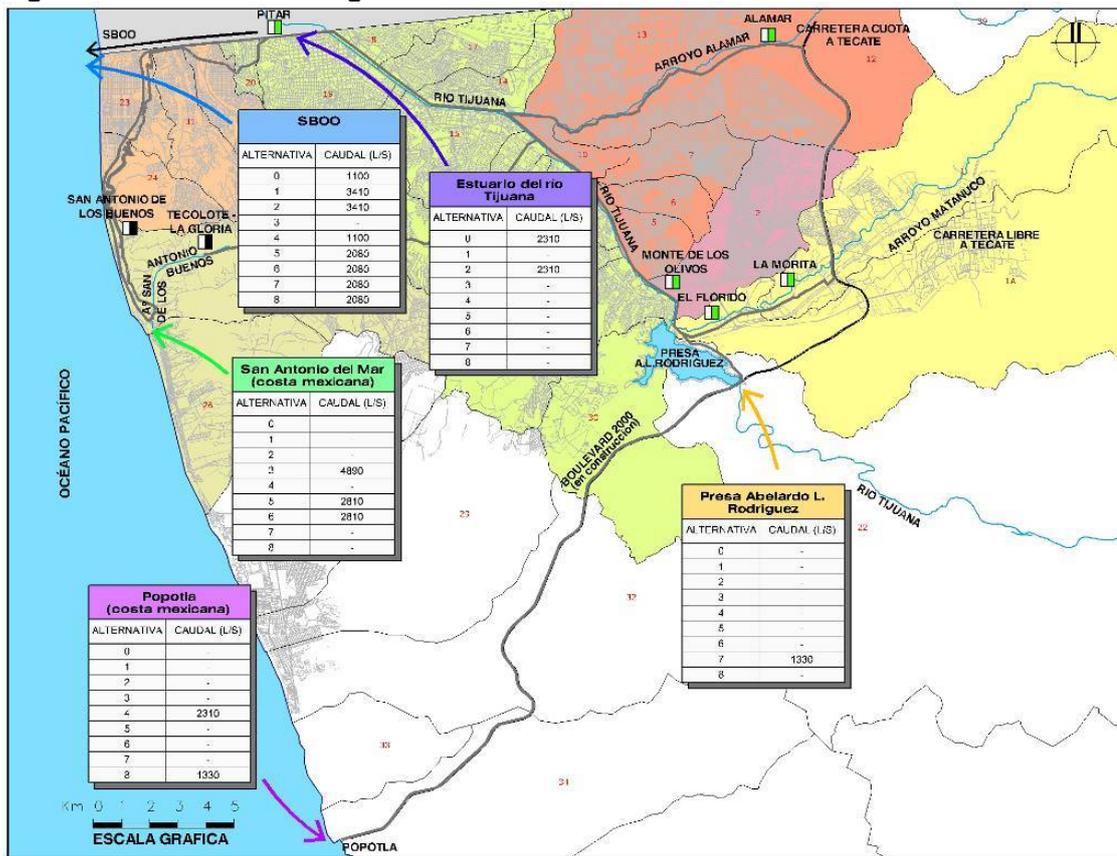
Los mencionados puntos se pueden ver en la Figura 4, donde también se indican los caudales medios vertidos al año 2023 según las distintas alternativas.

Los cuerpos receptores en territorio mexicano en general no tienen asignados usos benéficos, salvo (entre los cuerpos que resultan de interés para este estudio) la presa Abelardo L. Rodríguez, a la cual se le asignó uso público urbano.

El emisor de San Diego (SBOO), cuyo proyecto previó una capacidad de hasta 100 MGD de caudal medio para los efluentes de la ciudad de Tijuana, tiene la virtud de disponer el efluente con gran capacidad de dilución (del orden de 83:1) y mínima afectación para los usos definidos en su entorno sobre la zona fronteriza en el Océano Pacífico. Cabe destacar que todo efluente generado en la cuenca del río Tijuana puede arribar a dicho punto por gravedad sin afectar en su trayecto áreas sensibles.

El estuario del río Tijuana, situado sobre territorio estadounidense en la salida de río hacia el Océano Pacífico, constituye la salida natural por excelencia. Sin embargo, la descarga de efluentes hacia el mismo a través del cauce del río, plantea tanto problemas transfronterizos como posibles afectaciones de especies protegidas.

Figura 3: Puntos de descarga identificados



La cañada San Antonio de los Buenos es una zona ya utilizada como punto de descarga para los efluentes de la planta que lleva el mismo nombre. La descarga se realiza sobre la cañada, recorriendo escasos cientos de metros hasta alcanzar el Océano Pacífico sobre costa mexicana (San Antonio del Mar). Dado el escaso caudal natural que circula por esta cañada, esta descarga se puede asimilar prácticamente como una disposición directa a la costa. Esta zona de la costa presenta formaciones rocosas con escasas zonas de playas. Sin embargo, la afectación a la zona aledaña de playas resulta innegable en función de las características de circulación en la faja costera (escasa dilución, etc).

En la zona del Océano Pacífico en las inmediaciones de Popotla, a la altura de la conjunción del Boulevard 2000 con la carretera a Ensenada, no existen cursos de agua costeros de carácter permanente, por lo que la descarga se realizaría directamente sobre la costa. La zona costera en esta área no presenta mayores diferencias con la de San Antonio del Mar desde el punto de vista físico, radicando la diferencia en que la zona de Popotla no se encuentra aún impactada por descarga de aguas residuales.

Finalmente, la presa Abelardo L. Rodríguez es el cuerpo receptor más sensible dentro del área de influencia, tanto por tratarse de un cuerpo de agua cerrado, como por constituir una fuente de extracción de agua para uso potable. En particular el aporte de nutrientes puede provocar problemas de eutrofización; los metales y las sales un deterioro en la calidad del agua que, conjuntamente con los patógenos pueden resultar en condiciones no admisibles para la potabilización.

De acuerdo con la disposición de CNA, para descargar aguas residuales a este vaso de almacenamiento, legalmente el agua debe cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM – 127 – SSA1 – 1994 “Salud Ambiental, Agua para uso y Consumo Humano – Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el Agua para su potabilización”.

Por lo tanto, se ha previsto un tratamiento posterior de los efluentes de estas plantas en base a microfiltración y ósmosis inversa.

Alternativas: “0” (no acción) y “0+” (mínima acción)

Frente a las ocho posibilidades de solucionar el problema que se definieron en el presente estudio, la alternativa cero se presenta como una alternativa particular, en la cual las descargas, luego de un tratamiento secundario y una desinfección de los efluentes, se realizarían directamente en el curso del Río Tijuana.

La alternativa cero consiste en la descarga al canal del Río Tijuana, de un caudal del orden de los 1,400 L/s de aguas residuales tratadas a nivel secundario, y desinfectadas con cloro, provenientes de las plantas del Crédito Japonés y de Alamar que forman parte de este estudio. Este aporte se mezclará con los efluentes de la ciudad de Tecate, el caudal base de los arroyos y eventuales descargas directas de viviendas no conectadas al alcantarillado sanitario (del orden de 140 L/s de valor promedio).

Las aguas del río Tijuana son interceptadas, durante la estación seca, por la estación de bombeo CILA, desde la cual son enviadas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Antonio de los Buenos. De acuerdo con los tratados entre México y Estados Unidos, la estación CILA bombea hasta 500 l/s (132 gal/s), mientras que cuando se trata de caudales mayores, durante las lluvias, estas aguas fluyen hacia los Estados Unidos y descargan en el océano.

A los efectos de evaluar los impactos de esta acción, se considera que el ámbito de la misma es el canal del río Tijuana, el río no canalizado hasta su desembocadura, el estuario y la costa del océano Pacífico.

En la situación actual (2004) se mantienen los vertimientos de aguas crudas que llegan al canal Tijuana.

El caudal de las plantas de tratamiento del Crédito Japonés + Alamar, supera largamente la capacidad de la CILA, por lo que en la ALT 0, el líquido mezcla ingresaría en territorio de los EEUU.

En ese contexto, no se está cumpliendo con el concepto histórico de las negociaciones binacionales que claramente establecen que aguas sin tratamiento no deben pasar la frontera durante la época de estiaje.

Se define entonces, una alternativa de mínima acción, que involucra inversiones mínimas de captación de aguas residuales antes de la descarga de las plantas y bombeo hacia la red. Esta alternativa será evaluada en relación con las alternativas definidas para el transporte y la disposición final de los efluentes

Las inversiones a tener en cuenta en la evaluación multicriterio se corresponden con las los cárcamos de bombeo Arroyo Alamar y Arroyo Matanuco.

Alternativas de transporte y disposición final

Para plantear ordenadamente las distintas alternativas de transporte y disposición final, se identificaron primeramente agrupamientos de fuentes de generación de efluentes, es decir que se consideraron como un grupo aquellas plantas cuyos efluentes se disponen conjuntamente independiente de la alternativa.

Podemos identificar dos agrupamientos en el área de estudio en todos los casos, los cuales para algunas alternativas podrán unirse:

- Por una parte, la planta de Alamar.
- Un segundo grupo, que se tratará siempre en bloque, tanto por su cercanía geográfica como por la perspectiva de construirse en el mismo período: Morita, Monte de los Olivos y El Florido, que denominamos grupo de plantas del Crédito Japonés (a pesar de que el Florido no se financia con este crédito).

La combinación de unir o separar los efluentes de estos dos grupos, y los distintos caminos de transporte hacia los puntos identificados para la disposición final, determinan la identificación de las alternativas que se presentan a continuación.

Se tiene, por otra parte, en las cercanías de los puntos de disposición previstos en algunos casos:

- La PITAR, que se une a las descargas a través del SBOO.
- San Antonio de los Buenos y Tecolote – La Gloria, que descargan en las proximidades de donde se ha identificado como una de las ubicaciones posibles para un emisor en México.

Las alternativas que se plantean, contemplan la posibilidad de conducir los efluentes de las plantas a construir, en su totalidad al SBOO, en su totalidad a la costa mexicana o a cursos costeros mexicanos, y, por otra parte, la posibilidad de independizar la descarga de las plantas del crédito japonés respecto al de Alamar: los efluentes de Alamar se envían a EEUU, y los de las plantas del Crédito Japonés se descargan en México.

En todos los casos, no se ha considerado el transporte de y hacia el tratamiento secundario de los efluentes de la PITAR. Se considera que los efluentes se vierten al SBOO.

Las alternativas a estudiar se listan a continuación. Las dos primeras conducen todas las descargas de las plantas involucradas a EEUU a través del SBOO.

- La ALT1 es la que corresponde a la primera etapa en la propuesta del Plan Maestro; todas las plantas descargan al SBOO a través de un sistema de tuberías de trazo paralelo a los ríos Tijuana y Alamar, que se continúan en una única hasta conectarse al emisor terrestre en EEUU. Se estiman las conducciones para el total del caudal a fin de período, sin tener en cuenta posibles reusos.
- La ALT2 considera la alternativa 1, reduciendo las inversiones en conducciones a lo largo de la canalización del río Tijuana, ya que prevé utilizar el canal para el transporte.

Las dos alternativas siguientes, conducen todos los efluentes de las plantas involucradas a la costa mexicana:

- La ALT3 a través de un trazo que sigue aproximadamente el de las líneas de conducción a San Antonio de los Buenos; y
- La ALT4 siguiendo el trazo del Boulevard 2000 hacia la zona de Popotla.

Con la conducción de los efluentes de Alamar al SBOO, las tres siguientes alternativas son variantes de disposición de los efluentes de las plantas del crédito japonés:

- La ALT5 mediante el sistema de conducciones indicado en la alternativa 1) hasta la estación PB1, se rehabilita la antigua conducción a SAB, que se utiliza para transportar los efluentes hacia el punto de descarga de San Antonio de los Buenos (SAB);
- La ALT6 mediante un trazo este-oeste, en parte paralelo a la canalización del Río Tijuana, hasta la descarga previsto para la planta de Tecolote-La Gloria, en el arroyo San Antonio de los Buenos;
- La ALT7 hacia la presa Abelardo L. Rodríguez; y
- La ALT8, trazado paralelo al Boulevard 2000 hacia la costa mexicana.

ALT4 y ALT8, se corresponden con un trazo vial en construcción, por lo que, si bien las longitudes involucradas son importantes, se tomarán en cuenta dos aspectos: escasa urbanización en el trazo, y posibilidad de desvío de efluentes para reuso.

Con la finalidad de caracterizar rápidamente las opciones de conducción y disposición final de cada una de las alternativas, se consideran los siguientes términos:

- A menos que se indique especialmente (caso de alternativa 2), las conducciones se realizarán mediante tuberías (por gravedad y /o a presión).
- En todos los casos se indica la disposición final:

- SBOO – South Bay Ocean Outfall (emisor de San Diego)
- Costa mexicana sur – Costa en la zona de Popotla (fin del Bulevar 2000)
- Costa mexicana en SAB – San Antonio del Mar - Zona de descarga de la planta de San Antonio de los Buenos
- Crédito Japonés (CRJAP) – Se refiere a aquellas plantas cuya construcción será financiada por instituciones japonesas (plantas La Morita y Monte de los Olivos). En este caso, también se incluye bajo este nombre a la planta de El Florido, por su cercanía geográfica y porque puede llegar a sustituir la expansión de La Morita.
- Alamar – Planta de tratamiento de Alamar

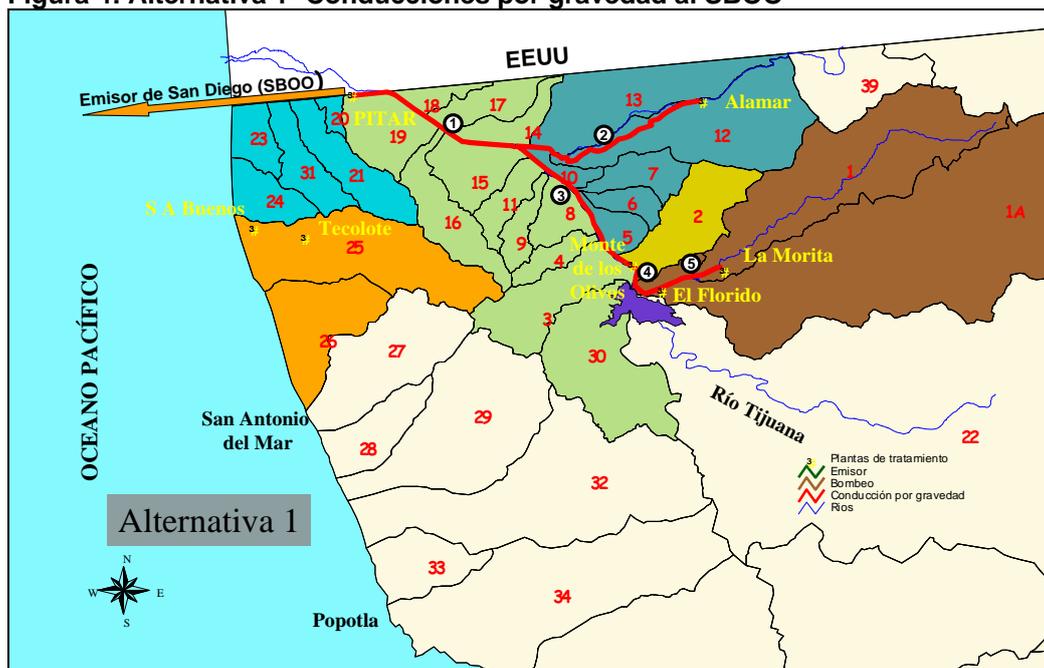
Gráfico 1: Caracterización resumida de las alternativas en estudio

Descripción de las alternativas		Identificación en el análisis multicriterio
ALT 1-	Por gravedad al SBOO	SBOO por gravedad
ALT 2-	Por canal Tijuana y captación, hacia el SBOO	SBOO por canal TIJUANA
ALT 3-	Costa mexicana en SAB	Costa mexicana en SAB
ALT 4-	Costa mexicana sur	Costa mexicana en POPOTLA
ALT 5-	Por gravedad al SBOO y desvío de parte de caudal en PB1 hacia SAB por vieja conducción paralela	SBOO gravedad + parte en SAB
ALT 6-	Alamar al SBOO y Plantas de Crédito Japonés a costa mexicana en SAB	ALAMAR en SBOO + CR. JAP en SAB
ALT 7-	Alamar al SBOO y Plantas de Crédito Japonés a presa Abelardo L. Rodríguez	ALAMAR en SBOO + CR. JAP en presa ALR
ALT 8-	Alamar al SBOO y Plantas de Crédito Japonés a costa mexicana sur	ALAMAR en SBOO + CR. JAP en POPOTLA

Las plantas se identifican de la siguiente manera: MR, Morita; FL, Florido; MO, Monte de los Olivos; AL, Alamar y PI; PITAR. En algunos casos, la referencia a las plantas del Crédito japonés, comprende Morita, Monte de los Olivos y El Florido.

En la figura 4 se presentan las características de la alternativa 1, que fue finalmente seleccionada por el procedimiento que se describe a continuación.

Figura 4: Alternativa 1- Conducciones por gravedad al SBOO



Disposición Final							
1) SBOO (emisor San Diego)							
Plantas		Capacidad trat. (L/s)	Q afluente 2013 (L/s)	Q afluente 2023 (L/s)			
MR - FL - MO - AL - PI		3.410	2.663	3.334			
Datos físicos de las obras de conducción							
1) SBOO (emisor San Diego)							
Tramo	Tipo	Longitud (m)	Diámetro (m)	Caudal 2013(L/s)	Caudal 2023(L/s)	Caudal de diseño (L/s)	Potencia (HP)
1 Confluencia-frontera	Gravedad	9.324	2,0	1.563	2.234	4.468	
2 Alamar Confluencia	Gravedad	10.984	1,4	789	952	1.904	
3 MO -Confluencia	Gravedad	8.635	1,4	774	1.282	2.564	
4 FL-MO	Gravedad	3.160	1,1	417	855	1.710	
5 MR-FL	Gravedad	3.365	0,8	260	430	860	
Conexión SBOO	Gravedad	500	2,0	1.563	2.234	4.468	

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Metodología de evaluación

La herramienta utilizada como base para el análisis multicriterio busca organizar y clarificar el proceso de toma de decisiones partiendo de un conjunto predeterminado de alternativas diferentes y excluyentes.

A partir de la definición de las alternativas y la selección de los criterios de evaluación se obtiene una matriz de decisión, en la cual cada alternativa es calificada de acuerdo a cada criterio (valoración o medida). Una vez que esta matriz es construida se requiere comparar y priorizar los criterios y los objetivos del análisis.

En primer lugar los criterios (cuantitativos o cualitativos) se transforman a una unidad común y se establecen los valores más y menos preferibles en cada caso (de acuerdo a si se trata de minimizar o maximizar dichos indicadores). En segundo lugar se debe establecer la estructura de criterios y subcriterios pudiendo agruparlos de acuerdo a su mayor similitud. Una vez definida la estructura jerárquica se necesita establecer la ponderación de cada uno de los criterios y subcriterios de modo que el peso que finalmente se asigne refleje la importancia de los mismos para el que decide.² Es así que se confeccionaron distintos sets de preferencia, entendiendo por tales a cada asignación de coeficientes de ponderación para el conjunto de criterios. Se adoptaron entonces 4 sets de preferencias., exponiéndose a continuación las ponderaciones correspondientes.

Luego de haber definido la matriz de decisión, la estructura de objetivos y criterios y la ponderación de los mismos, se calcula la utilidad de cada una de las alternativas y se las ordena de acuerdo a ella. La herramienta permite saber cómo se alcanza la ordenación final de alternativas, cuáles son los criterios que llevan a dicho resultado y analizar la sensibilidad de cambios en las ponderaciones de los criterios.

Por último, se considera la incertidumbre implícita en el ordenamiento obtenido, que se deriva de las correspondientes de las valoraciones de cada alternativa de acuerdo a los distintos criterios. Esto se realiza asignando distribuciones de probabilidad a estas últimas valoraciones y procediendo de acuerdo al método de Monte Carlo.

² En este caso se denominan PREF SET o conjunto de preferencias o ponderaciones.

Criterios

Los criterios considerados fueron técnicos, ambientales y económicos.

Criterios técnicos

Se corresponden con aquellos factores que inciden en las condiciones técnicas de ejecución y operación de los sistemas. Dentro de esta categoría se consideraron:

- **CT1** Los criterios agrupados en CT1 evalúan los plazos y riesgos en la implementación y puesta en funcionamiento de las obras. Comprenden:
 - CT11 - Permisos de descarga. Este criterio tiene en cuenta la necesidad de solicitar permisos y la viabilidad de obtenerlos en plazos cortos.
 - CT12 y CT13 - Expropiaciones y presencia de interferencias. Se refieren a la presencia en el trazo de las conducciones de terrenos privados o asignados a otros usos y a la existencia de otros servicios respectivamente, los cuales pueden prolongar los plazos de ejecución o encarecer las obras.
 - CT14 – Puesta en funcionamiento de las obras. Considerando que las plantas van a entrar en funcionamiento en corto plazo, se han ponderado las alternativas en función de la duración previsible de las obras.
- **CT2.** Se refieren a los aspectos operacionales de las obras asociadas a cada alternativa.
 - CT21 - Sencillez de operación. Se asocia con la menor cantidad de equipamiento electromecánico y a la facilidad de acceso para las reparaciones.
 - CT22 - Fragilidad y versatilidad de la operación. La fragilidad está dada por la probabilidad implícita de falla del sistema. La versatilidad de operación evalúa la capacidad de seguir operando en caso de contingencia.
- **CT3.** Evalúa la capacidad de adecuación a los caudales a descargar a través del SBOO según propuesta del PM y la factibilidad de aprovechamiento para reuso.

Criterios ambientales

Los criterios ambientales se refieren a aquellos impactos ambientales posibles que se han considerado más importantes y que marcan diferencias entre las alternativas.

- **CA1** – Impacto sobre el medio físico. Las acciones generadoras de mayor impacto durante la operación se corresponden con las descargas, y se producen normalmente como efecto de la descarga en sí, o pueden ocurrir efectos contingentes, debidos a problemas de calidad de las aguas residuales o a descargas descontroladas.
- **CA2** – Impacto sobre el medio biótico. La consideración de los impactos sobre flora y fauna supone que el menor impacto se produce cuanto mejor es la calidad de la descarga, cuando la descarga se produce en una zona ya impactada, y cuando no se afectan áreas especialmente protegidas.
- **CA3** – Impacto sobre el medio antrópico – Percepción social. Este criterio evalúa la percepción de la población frente a la descarga de los efluentes. Se parte de la base que la percepción será menor en caso de que ya exista una descarga en el lugar.

Criterios económicos

Los criterios económicos se relacionan por una parte con los costos involucrados en la realización y la operación posterior de las obras y, por otra parte, con los beneficios que se pueden esperar de la realización del proyecto, tratando de estimarlos en términos financieros. En el presente caso, la valorización de los beneficios resulta muy problemática por no tener las bases de evaluación necesarias (refiriéndose por ejemplo a un método de Valuación Contingente). Conforme a los requisitos que figuran en los términos de referencia del estudio, los criterios económicos contemplados se resumen al costo global de las alternativas (inversión más operación y mantenimiento a 20 años) cuantificado a través del Valor Actual Neto (VAN).

Escenarios

El proceso de evaluación se estructuró de acuerdo a distintos escenarios, los cuales implican la consideración de diversas situaciones que resultan de interés. A su vez, estos escenarios comprenden la consideración de distintos sets de preferencia según corresponda. Estos escenarios son:

A- Escenario de base y comparación de las ocho nuevas alternativas, para los cuatro sistemas de ponderaciones o PREF SET. De aquí se dispone de un ordenamiento a través de un índice para cada alternativa en cada sistema de ponderaciones y para cada meta global o parcial. Se dispone además de: medidas, ponderaciones, y un sistema de gráficos por meta global o parcial, comparativo de las alternativas una a una, entre otros. El programa permite una simulación dinámica, cambiando ponderaciones y reproduciendo cómo cambia el orden de las alternativas.

B- Escenario de sensibilidad en los valores de la medida económica CE o sea en el valor de los costos. Para cada alternativa se definieron extremos de variación en torno al valor estimado de costos. Se incluye: la posibilidad de que no sea necesaria una estación de bombeo al final del canal del río Tijuana para la alternativa 2, así como la posibilidad de instalar emisores cortos en las descargas en la costa mexicana. Esta segunda inversión, tiene un margen de variación de costo que se ve reflejado en la Figura 6. Las variaciones simuladas no son importantes, pero así se aprecian cambios en el ordenamiento entre alternativas que tienen calificaciones muy próximas en el escenario de base.

C- Incorporación de tarifa por uso del SBOO. Al escenario de base y para los costos, se simula la incorporación de un eventual costo de pago de una tarifa por el uso del SBOO, a partir de estimaciones de costos de seguros y mantenimiento y los caudales anuales para las alternativas que supone su uso. El monto incluido también incide marginalmente en los ordenamientos de alternativas.

D-Comparación con Alternativa 0+. Se comparan las alternativas retenidas como las de mejor desempeño con la llamada Alternativa 0+, para la cual se estiman medidas para las metas ambientales y técnicas y se asigna un costo.

CALIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

La calificación de las alternativas se realiza para cada uno de los criterios seleccionados y tiene como finalidad alimentar la matriz multicriterio que se utilizará en la evaluación.

En lo que se refiere a los criterios técnicos y ambientales, dicha calificación se traduce en un valor de 1 a 5, con la mejor evaluación en orden creciente de numeración. En el caso del criterio económico, el valor de entrada a la matriz es el valor actual de los costos de inversión y de operación y mantenimiento.

Criterios técnicos

En la calificación realizada en función de los criterios técnicos, se puntuó, para cada criterio, cada alternativa en relación con las demás. Los resultados de tal calificación se presentan en la tabla a continuación.

Gráfico 2: Calificación de las alternativas según los criterios técnicos

Medidas				Alternativa								
				0+	1	2	3	4	5	6	7	8
CT1	Plazos y riesgos en la implementación y operación	CT11	Permisos de descarga	1	3,3	2,4	5	2,8	3,3	3	1	3
		CT12	Expropiaciones	5	5	5	4	2	5	1	3	2
		CT13	Presencia de interferencias	5	2	5	1	4	2	1	3	3
		CT14	Puesta en funcionamiento	5	2,5	5	1	1,5	2,5	1	1,5	1,5
CT2	Riesgos y resolución en el abordaje técnico y soluciones para las obras	CT21	Sencillez de operación	2	5	4	4	2	2	2	0,5	2
		CT22	Fragilidad y versatilidad de operación	1	5	2	2	1	4	2	1	1
CT3	Capacidad de adecuación al PM y los desarrollos previstos y probables	CT3	Ajuste a la previsión del PM de caudales del SBOO+Versatilidad de puntos de disposición final	1	1	1	2,5	3	2,5	2,5	5	3

Criterios ambientales

Se realizó la identificación y valoración de aquellos impactos para los que existen diferencias entre las distintas propuestas, considerando aquellos más importantes correspondientes a las fases de construcción y operación.

Se parte de la base que los beneficios asociados a cada una de las propuestas son similares, por lo que los impactos valorados se corresponden con los impactos negativos en cada criterio evaluado.

Los impactos se valoran cuantificando su importancia. La suma de las importancias de los impactos producidos para cada alternativa, para el criterio considerado, y su normalización permite puntuar las mismas en la matriz de decisión de la evaluación multicriterio.

En el Gráfico 3 se presenta la calificación ambiental normalizada, para los escenarios base y con tarifa. El Gráfico 4 muestra la calificación normalizada teniendo en cuenta el escenario D. El Gráfico 5 muestra la calificación ambiental de las alternativas considerando la incorporación de emisores en las descargas en la costa mexicana.

Gráfico 3: Calificación ambiental relativa de las alternativas (Escenarios A y C)

Medidas				Alternativa							
				1	2	3	4	5	6	7	8
CA1	Impactos sobre medio físico: ríos, mar y aire	CA11	Calidad de aguas en EEUU	4,9	1,0	3,5	4,3	4,1	3,9	5,0	4,3
		CA12	Calidad de aguas en Costa Mexicana	4,5	3,1	1,8	1,0	2,3	2,3	5,0	2,1
CA2	Impactos sobre medio biótico: ecosistema, especies y hábitat	CA2	Impactos sobre medio biótico	5,0	1,0	2,0	1,3	3,1	3,1	3,7	2,4
CA3	Impactos sobre medio humano: paisaje, salud, aceptación social, actividades de la población	CA31	Percepción social	5,0	1,0	1,7	1,0	4,5	4,5	1,6	1,7
		CA32	Distorsión del tránsito/impacto de las obras	2,2	5,0	1,6	3,4	2,2	1,0	2,5	2,1
		CA33	Salud Pública	5,0	2,2	1,7	1,7	2,2	2,2	1,0	2,2

Gráfico 4: Calificación ambiental relativa de las alternativas (Escenario D)

Medidas				Alternativa								
				0+	1	2	3	4	5	6	7	8
CA1	Impactos sobre medio físico: ríos, mar y aire	CA11	<i>Calidad de aguas en EEUU</i>	1,0	5,0	2,0	3,9	4,5	4,3	4,2	5,0	4,5
		CA12	<i>Calidad de aguas en Costa Mexicana</i>	1,4	4,5	3,1	1,8	1,0	2,3	2,3	5,0	2,1
CA2	Impactos sobre medio biótico: ecosistema, especies y hábitat	CA2	<i>Impactos sobre medio biótico</i>	1,0	5,0	2,1	2,8	2,4	3,6	3,6	4,1	3,2
CA3	Impactos sobre medio humano: paisaje, salud, aceptación social, actividades de la población	CA31	<i>Percepción social</i>	1,0	5,0	1,8	2,3	1,8	4,6	4,6	2,3	2,3
		CA32	<i>Distorsión del tránsito/impacto de las obras</i>	5,0	1,5	2,8	1,3	2,1	1,5	1,0	1,7	1,5
		CA33	<i>Salud Pública</i>	1,2	5,0	2,2	1,7	1,7	2,2	2,2	1,0	2,2

Gráfico 5: Calificación Ambiental relativa de las alternativas Escenario con sensibilidad (Escenario B)

Medidas				Alternativa								
				0+	1	2	3	4	5	6	7	8
CA1	Impactos sobre medio físico: ríos, mar y aire	CA11	<i>Calidad de aguas en EEUU</i>		4,9	1,0	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	4,3
		CA12	<i>Calidad de aguas en Costa Mexicana</i>		4,2	2,3	2,7	1,0	2,3	2,3	5,0	1,0
CA2	Impactos sobre medio biótico: ecosistema, especies y hábitat	CA2	<i>Impactos sobre medio biótico</i>		5,0	1,0	3,6	2,6	3,4	3,4	3,7	2,6
CA3	Impactos sobre medio humano: paisaje, salud, aceptación social, actividades de la población	CA31	<i>Percepción social</i>		5,0	1,0	2,1	2,1	4,5	4,5	1,6	2,1
		CA32	<i>Distorsión del tránsito/impacto de las obras</i>		2,2	5,0	1,6	3,4	2,2	1,0	2,5	2,1
		CA33	<i>Salud Pública</i>		5,0	2,2	2,2	2,6	2,2	2,2	1,0	2,6

Criterio económico

A los efectos de poder comparar las distintas alternativas a nivel económico, se efectuó una presupuestación de cada una de ellas a nivel preliminar. Tal presupuesto incluye tanto los montos correspondientes a las inversiones en infraestructura como los flujos asociados a tareas de operación y mantenimiento a lo largo del período de previsión. En el Gráfico 6, se presenta la calificación de las 9 alternativas, dada directamente por el costo global de las alternativas (inversión más operación y mantenimiento a 20 años) cuantificado a través del Valor Actual (VA), expresado en millones de dólares.

Gráfico 6: Ponderación económica de las alternativas: VA (millones de dólares)

Alternativa	A Escenario base	B – Escenario sensibilidad		C – Escenario con tarifa de SBOO	D – Comparación con alt 0+
		MÍNIMO	MÁXIMO		
Alt 1 Todo al emisor	24	33	39	45	24
Alt 2 Tijuana al emisor	20	25	35	38	20
Alt 3 Costa Norte México	126	137	146	126	126
Alt 4 Todo al Sur	252	269	285	252	no se incluye en la comparación
Alt 5 Emisor y parte Norte	70	79	86	84	70
Alt 6 Norte Sur	156	165	172	171	156
Alt 7 Reuso presa AR	116	125	131	130	116
Alt 8 Plantas cr jap al Sur	125	141	154	140	125
Alt 0+					1,4

RESULTADOS DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

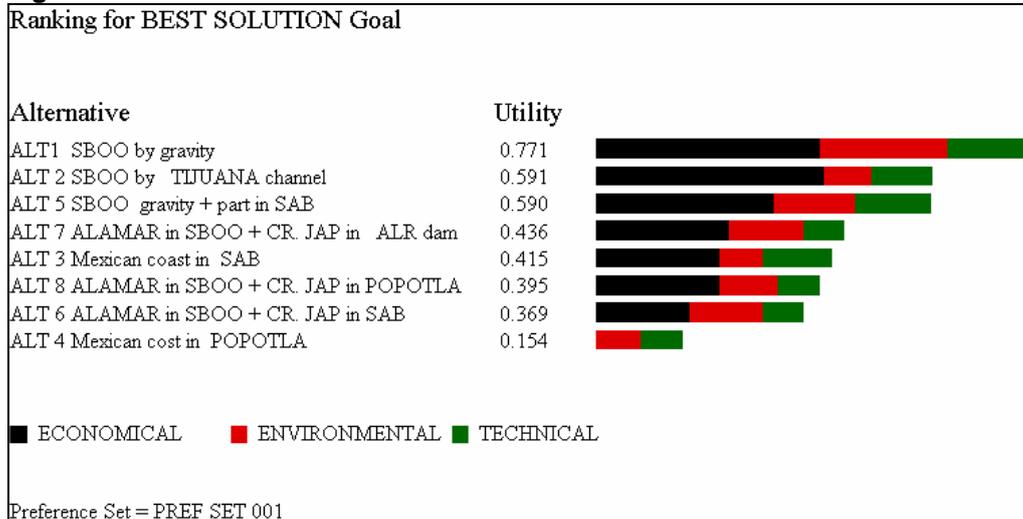
El análisis multicriterio realizado constituye una herramienta para considerar la incidencia de cada una de las medidas y las ponderaciones en la calificación de las alternativas, más que un resultado único permite apreciar como al introducir variantes puede cambiar el orden de las mismas.

Los resultados se presentan como gráficos de barras, en que para cada alternativa se indica mediante la longitud de las barras, la valoración correspondiente a los criterios económicos, ambientales y técnicos.

A mayor puntuación, mayor valoración de la alternativa.

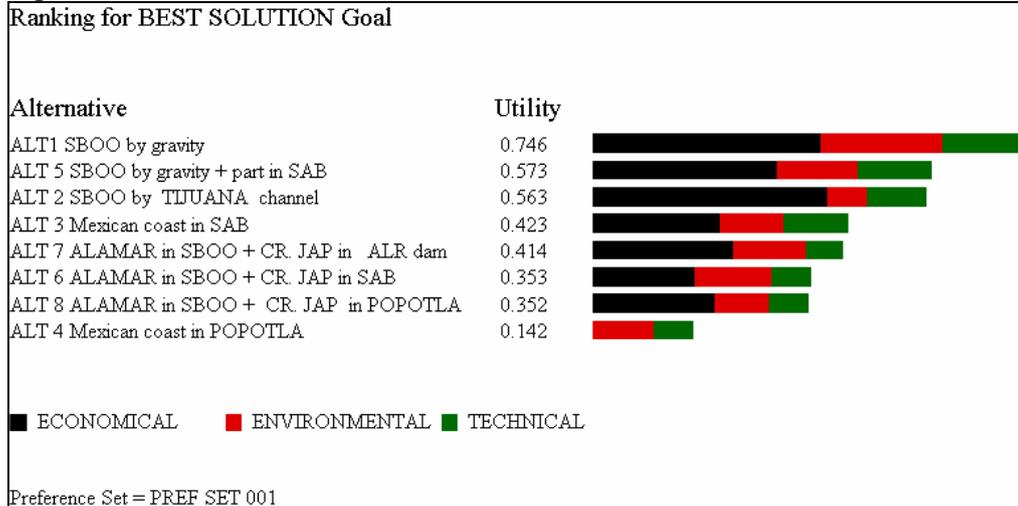
En las figuras siguientes se muestran los resultados para los cuatro escenarios descritos anteriormente.

Figura 5: Escenario base



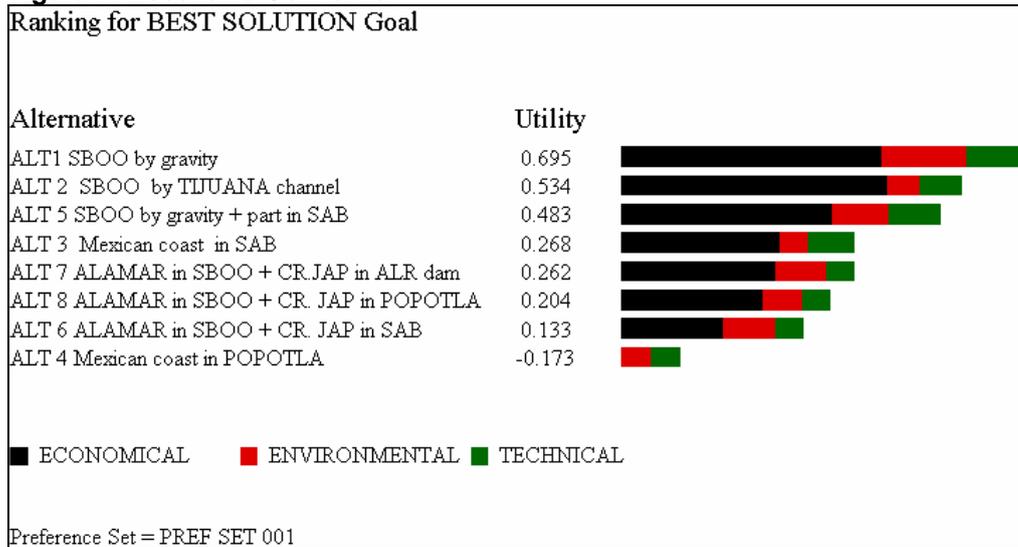
Como se puede apreciar, la alternativa 1 puntúa globalmente mejor por un importante margen. Solamente considerando el costo, es aventajada por la alternativa 2, ventaja que esta última no puede mantener en la ponderación global al entrar en juego los criterios técnicos y ambientales

Figura 6: Escenario sensibilidad



En este escenario, la alternativa 5 pasa a superar a la 2, debido a que mejora su puntuación en los aspectos ambientales, mediante la incorporación de las obras de un emisor corto en la costa mexicana.

Figura 7: Escenario Con tarifa



Al incorporarse una tarifa por el uso del SBOO, la alternativa 3 pasa a aventajar levemente a la 7, porque envía todos los efluentes a la costa mexicana. Este cambio en las preferencias es irrelevante, considerando la ventaja amplia de la alternativa 1.

Figura 8: Escenario comparando con alternativa 0+



En este escenario, no se considera la alternativa 4, que puntuaba siempre última en los demás escenarios. La alternativa 0+, a pesar de su gran ventaja considerando el criterio económico no es la primera en la puntuación.

CONCLUSIONES

El análisis multicriterio realizado constituye una herramienta para considerar la incidencia de cada una de las medidas y las ponderaciones en la calificación de las alternativas, más que un resultado único, permite apreciar cómo al introducir variantes en las ponderaciones, se puede cambiar el orden de las mismas.

Para los sucesivos escenarios y las ponderaciones intervinientes en el presente estudio se puede concluir en:

- Ordenadas por costos, se aprecian tres grupos de alternativas según los VAN estimados: bajos para 1 y 2, intermedio para la 5 y altos para el resto. Esto es decisivo si lo económico tiene un peso o ponderación alta.
- Las alternativas 1, 2 y 5 se mantienen en todos los escenarios como las primeras. La 2 y la 5 tienen puntuaciones próximas y el orden se altera por ejemplo por las sensibilidades supuestas de costos. La 5 aventaja a la 2 en ese caso, pero siempre por margen escaso. Cuando se introduce el posible pago de una tarifa y el emisor en México, la 2 vuelve a aventajar a la 5. La alternativa 2 se desempeña mejor en materia económica y esa ventaja le permite compensar las bajas calificaciones en factores ambientales y técnicos, pero no es suficiente para superar a la alternativa 1. Las comparaciones entre las alternativas muestran la incidencia de las medidas usadas en la calificación.
- La alternativa 1 supera a las inmediatas de manera consistente, aún cuando se reduce la ponderación de lo económico (PREF SET 3); cuando se pondera alto el plazo de obras CT1.4 (PREF SET 4), la alternativa 2 se aproxima a la 1.
- Cuando se comparan con la ALT 0+, la alternativa 1 la supera por amplio margen y la alternativa 2 también la supera. Cuando se baja la ponderación del costo (PREF SET 3), la alternativa 0+ es superada también por la 5. Cualquier sensibilidad que se aplique a la alternativa 0+, la pondrá por debajo de la otras dos (2 y 5).
- Por lo tanto, conviene retener como alternativas sobre las que focalizar la decisión a las mencionadas como 1, 2 y 5, siendo en todos los casos simulados la alternativa 1 la que más se despegaba, mientras que las otras dos tienen resultados equivalentes. Parecería claro que debería de descartarse la 0+, las razones de menores costos no son suficientes para retenerla como atractiva para la decisión.

Las tres alternativas mejor posicionadas prevén la disposición de los efluentes de las plantas de tratamiento en estudio, en su mayor parte a través del emisor de San Diego, solución transfronteriza:

- La ALT1 mediante colectores que siguen el trazo de las vías rápidas paralelas al canal Tijuana, y luego por la Avenida Internacional hasta cruzar la frontera en las proximidades de la PB1.
- La ALT2 evitando la construcción de 16 Km de tuberías al utilizar el canal del Río Tijuana como medio de transporte en parte del trazo (aunque requiere bombes), y
- La ALT5 con los mismos componentes que la alternativa 1, pero incorporando la rehabilitación de la vieja conducción paralela a San Antonio de los Buenos, para trasladar parte de los efluentes hacia la costa mexicana en San Antonio del Mar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CDM – CESPT. Plan Maestro de Agua Potable y Saneamiento en los Municipios de Tijuana y Playas de Rosarito. Feb. 2003.
2. RECON (Consultores Ambientales Regionales) – USEPA – IBWC – US Corps of Engineers. Supplemental Environmental Impact Statement for the International Boundary and Water Commission International Wastewater Treatment Plant - Interim Operation. Set. 1996
3. USEPA – US - Corps of Engineers. Supplement to the Final Supplemental Environmental Impact Statement for the International Boundary and Water Commission International Wastewater Treatment Plant - Interim Operation. Oct 1998.
4. CDM – USEPA – CESPT Effluent Discharge and Dispersion through the South Bay Ocean Outfall- Environmental Review and Analysis for the Tijuana and Playas de Rosarito Water and Wastewater Master Plan. Ene. 2003.
5. CDM – USEPA. Environmental Assessment Tijuana and Playas de Rosarito Potable Water and Wastewater Master Plan. Feb. 2003.
6. Departamento de Energía de E.E.U.U., Grand Junction Office, Colorado. Southwest Border Project - Ground Water Flow Model for the Tijuana River Basin. Feb. 2003.
7. California Regional Water Quality Control Board, San Diego Region USEPA, Tetra Tech Inc. DRAFT Bacteria Impaired Waters TDML Project I for Beaches and Creeks in the San Diego Region- Técnica. Feb. 2004.