10. DIAGNÓSTICO TÉCNICO, ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS

En la selección de un proyecto del tipo de una planta de tratamiento de aguas residuales, se presentan las siguientes condiciones:

- Se tienen varios actores dentro de la toma de decisiones. Además del dueño del proyecto, en la selección del sitio y de la tecnología, se ven involucradas las autoridades municipales del lugar donde quedará la planta, la comunidad asentada en los alrededores y las autoridades ambientales competentes para el licenciamiento del proyecto.
- Se tienen diferentes criterios para la selección. Se deben considerar los efectos que las diferentes alternativas generan sobre los costos del proyecto, los cambios en el medio ambiente, en especial sobre la calidad de vida de las poblaciones aledañas al proyecto.
- Los intereses de los actores son diferentes, los cuáles, además, cambian a través del tiempo.
- Existen varias alternativas de localización y de tecnologías

Por eso, para la selección de la mejor alternativa, se deben utilizar técnicas que permitan tomar decisiones en grupo, que optimicen los objetivos de los actores que están involucrados en el proyecto.

10.1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para conformar las alternativas de planta de tratamiento, se consideraron dos sitios: el conocido como “Las Pistas” en el municipio de Bello y un lote en la zona de La Tasajera, localizado entre los municipios de Giradota y Barbosa. Y desde el punto de vista técnico se analizaron cuatro alternativas.

Con estos dos parámetros se conformaron las siguientes alternativas:

- Alternativa 1. No hacer nada, es decir, dejar las aguas residuales de Medellín descargando en el mismo sitio donde se hace actualmente, en el sector de Moravia, y no construir planta de tratamiento.

  Esta alternativa no se considera viable, pues desde el punto de vista ambiental no cumple el Decreto 1594 de 1984.

- Alternativa 2. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio Las Pistas, en Niquía (Bello) y construir una planta de tratamiento de tipo preliminar, que comprende la construcción de rejas y desarenadores.

  Tampoco es viable ambientalmente, pues no se cumplen con los porcentajes de remoción de DBO_5 y SS establecidas en el Decreto 1594 de 1984 (mínimo del 80%).

- Alternativa 3. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio Las Pistas, en Niquía (Bello) y construir una planta de tratamiento de tipo primario, es decir, con tratamiento preliminar más sedimentadores primarios.

Los derechos de autor de este documento son del CONSORCIO HTA, quien queda exonerado de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado

.

Esta alternativa no es viable ambientalmente, ya que no se cumplen con los porcentajes de remoción de DBO_5 y SS establecidas en el Decreto 1594 de 1984 (mínimo del 80%), y con esta alternativa sólo se alcanza a remover el 30% y 60% respectivamente.

- Alternativa 4. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio Las Pistas, y construir una planta de tratamiento de tipo secundario, es decir con tratamiento preliminar más sedimentadores primarios y reactores biológicos.

  Las remociones de DBO y de SS son del 85%, además cumple con las metas establecidas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. El valor presente neto de esta alternativa en 50 años es de $ 862.487 millones de pesos, es decir USD$ 400,3 millones.

- Alternativa 5. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio Las Pistas, construir una planta de tratamiento de tipo terciario, es decir, con tratamiento preliminar más sedimentadores primarios, reactores biológicos y remoción de fósforo.

  Las remociones de DBO y de SS son de 95%, y con esta alternativa también se cumple con lo establecido por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y por el Decreto 1594 de 1984. El valor presente neto de esta alternativa en 50 años es de es de $ 874.422 millones de pesos, es decir USD$ 405,8 millones.

- Alternativa 6. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio La Tasajera, en el municipio de Girardota y construir una planta de tratamiento de tipo preliminar, es decir, con rejas y desarenadores.

  Esta alternativa no se consideró en el análisis, dado que no se cumplen con las remociones de DBO y SS establecidas en el Decreto 1594 de 1984.

- Alternativa 7. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio La Tasajera, y construir una planta de tratamiento de tipo primario con rejas, desarenadores y sedimentadores primarios, que no cumpliría con la normatividad ambiental vigente para el vertimiento de aguas residuales.

- Alternativa 8. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio La Tasajera, y construir una planta de tratamiento de tipo secundario, que incluye rejas, desarenadores, y tratamiento biológico.

  Las remociones de DBO y SS son del 85 %, cumpliendo con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984, y alcanzando las metas definidas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. El valor presente neto de esta alternativa en 50 años es de $ 1.081.045 millones, es decir USD$ 501,7 millones.

- Alternativa 9. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio La Tasajera, y construir una planta de tratamiento de tipo terciario, lo cual cumple con el Decreto 1594 de 1984 y las metas establecidas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. El valor presente neto de esta alternativa en 50 años es de $1.096,231 millones de pesos, es decir USD$ 508,7 millones.

En resumen, de las nueve alternativas analizadas, solo cuatro son ambientalmente factibles: las que incluyen tratamiento secundario o terciario, bien sea en el lote de Las Pistas o La Tasajera.

Los derechos de autor de este documento son del CONSORCIO HTA, quien queda exonerado de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado

.

10.2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Para seleccionar la mejor alternativa para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Bello, dado que se tienen varios objetivos que se deben analizar conjuntamente, se utilizó la herramienta de Análisis Multiobjetivo.

La metodología no garantiza una única solución, sino que genera las mejores alternativas o las llamadas "soluciones no dominadas". Por ejemplo, si se suponen dos objetivos o criterios X,Y, y se dibujan en un plano, como se presenta en la Figura 10.1, se tiene que el área sombreada es el conjunto de "soluciones no dominadas", ya que cualquier punto que se encuentra en él, siempre tendrá un punto que lo domine, o sea que tenga un mayor valor. Por ejemplo, el punto A tiene un mayor valor en el objetivo X que el punto B, pero éste tiene mayor valor en el objetivo Y

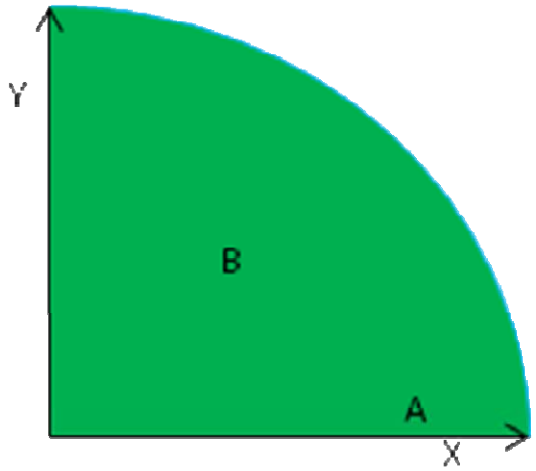

Figura 10.1. Soluciones no dominadas

La selección de la alternativa dependerá de la estructura de preferencias del decisor, el cual le da mayor importancia a alguno de los criterios u objetivos considerados.

10.2.1 Criterios para el análisis

Para el análisis de las alternativas planteadas para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Bello, se definieron los objetivos de acuerdo con los resultados obtenidos en el Estudio de Impacto Ambiental, en el Estudio Socioeconómico del programa de saneamiento del río Medellín en la segunda etapa[1] y la modelación de la calidad del río Medellín realizada hasta el año 2020[2], los cuales son:

[1] Mendieta, Juan Carlos. Evaluación Socioeconómica: Proyecto de Saneamiento del Río Medellín - Segunda Etapa.

[2] Empresas Públicas de Medellín E.S.P.. Modelación del río Medellín. 2007

Los derechos de autor de este documento son del CONSORCIO HTA, quien queda exonerado de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado

.

- Minimización de los costos. Desde el punto de vista técnico, el único criterio que se utilizará será el costo de las alternativas que cumplen con todos los requerimientos desde el punto de vista ambiental.
- Minimizar la interferencia con la cobertura vegetal del lote donde se construirá la Planta.
- Minimizar el efecto a la población, que se evaluará por la densidad de población alrededor del lote de la planta, además de la distancia de los centros poblados, infraestructura de recreación, industrias, al lote donde se construirá la Planta.
- Maximizar el Indicador de Rentabilidad Social para cada una de las alternativas.
- Maximizar la calidad del agua del río Medellín, evaluado mediante las concentraciones de OD y DBO.

10.2.2 Metodología de evaluación

Para su evaluación, se utilizó el concepto de Función de utilidad, que es una conversión del rango de ocurrencia de uno de los objetivos a una escala determinada de valores determinada (Keenney y Rafia, 1976).

Para agregarlas, se utiliza una función multiatributo, que es una regla mediante la cual se agregan las funciones de utilidad individual de cada criterio u objetivo analizado para la selección de la alternativa, expresada como:

$$U(G) = \sum_{i=1}^{p} k_i u_i$$

donde

u_i es la utilidad del criterio i

k_i es el peso o importancia que se le da al criterio i en la toma de la decisión, lo cual depende de la estructura del decisor.

10.3 RESULTADOS

Para la evaluación de cada uno de los criterios utilizados en la selección de la mejor alternativa, se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

- Al costo, mencionado en el numeral 10.1, se le encontró su utilidad mediante una estructura indiferente al riesgo, que se expresa mediante una recta definida por dos puntos: Una utilidad de1 al valor menor y de 0 al mayor.
- Para las coberturas vegetales, se evaluó el tipo de coberturas que existían en las dos zonas donde se podría construir la Planta: Las Pistas en Bello, y el sector de La Tasajera, entre los municipios de Girardota y Barbosa. Se encontró que las coberturas son muy similares en las dos zonas; los bosques naturales han sido talados en su mayoría, para dar paso a la agricultura, la ganadería y sitios de recreo. Por esa razón a este criterio se le asignó una utilidad de 0,5 para los dos lotes.
- Para el criterio de densidad de población se consideraron centros poblados, infraestructura de recreo, industrias, cercanos a cada uno de los posibles sitios para

Los derechos de autor de este documento son del CONSORCIO HTA, quien queda exonerado de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado

.

localizar la Planta. Por esta razón se le dio una utilidad de 0,1 al lote localizado en las Pistas, por estar dentro de una zona que tiene desarrollos urbanísticos importantes, como los barrios de Bello y Copacabana que tienen una alta densidad de población, y de 0,8 al lote de La Tasajera por no tener conglomerado urbano en los alrededores, aunque existe infraestructura de esparcimiento y recreación como el Parque de las Aguas.

- Para el criterio de distancia se consideró el retiro de los sitios mencionados en el párrafo anterior, básico para conocer los impactos que origina la operación de la Planta, en caso de que se presente un problema en el sistema de control de olores. Los barrios de Bello y Copacabana se encuentran a menos de 1 km del lote de las pistas, por lo que se le asignó una utilidad de 0,1. El Parque de las Aguas está a menos de 1 km del lote donde se podría construir la Planta, por lo que se le asignó un valor de 0,6.

- De la Evaluación Socio Económica se extrajeron los valores del Indicador de Rentabilidad Social, los cuales se presentan en la Tabla 10.1. Para encontrar la utilidad, se trabaja con una estructura indiferente al riesgo, definida por una línea recta, donde la máxima utilidad (1) se le asigna al mayor valor del Indicador y una utilidad de cero al menor.

Tabla 10.1 Indicadores de Rentabilidad Social de las Alternativas analizadas

Alternativa	Indicador de Rentabilidad Social (Tasa de descuento: 14%)
Las Pistas – Tratamiento Secundario	1,68
Las Pistas – Tratamiento Terciario	1,54
Tasajera – Tratamiento Secundario	1,25
Tasajera – Tratamiento Terciario	1,18

- Los resultados de la modelación de la calidad del río Medellín se presentan de la Figura 10.2 a la Figura 10.5. Comparando con la normatividad ambiental vigente para los vertimientos de aguas residuales, se observa que las cuatro alternativas seleccionadas cumplen con el porcentaje de remoción requerido. Por esta razón no se tendrá en cuenta esta variable para la selección de la alternativa, dado que todas se comportan de manera similar.

Los derechos de autor de este documento son del CONSORCIO HTA, quien queda exonerado de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado

.

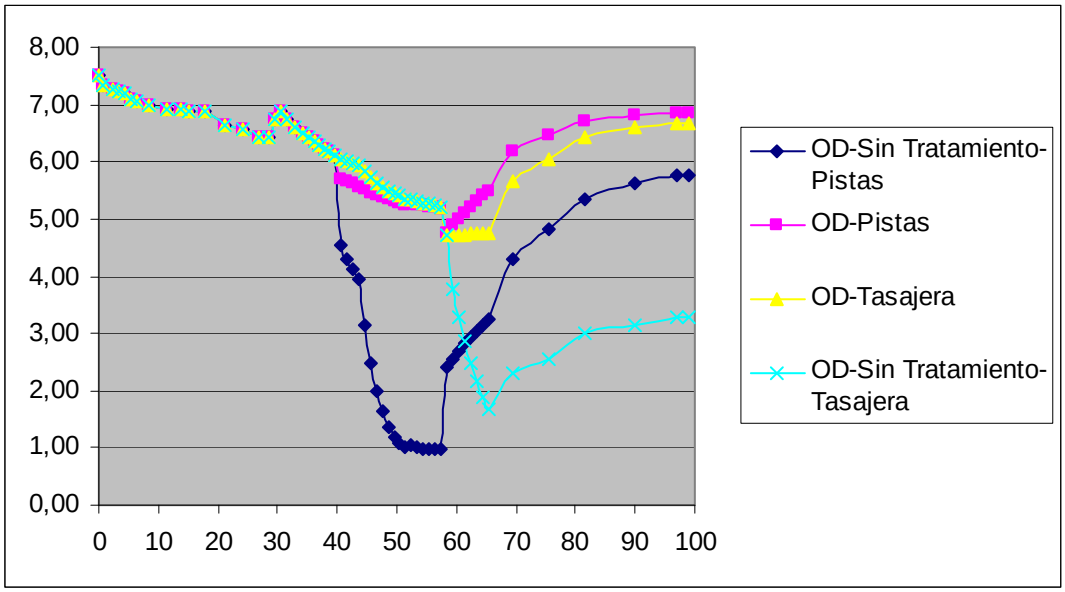

Figura 10.2 Oxígeno disuelto (OD) en las alternativas seleccionadas (mg/l), tratamiento secundario

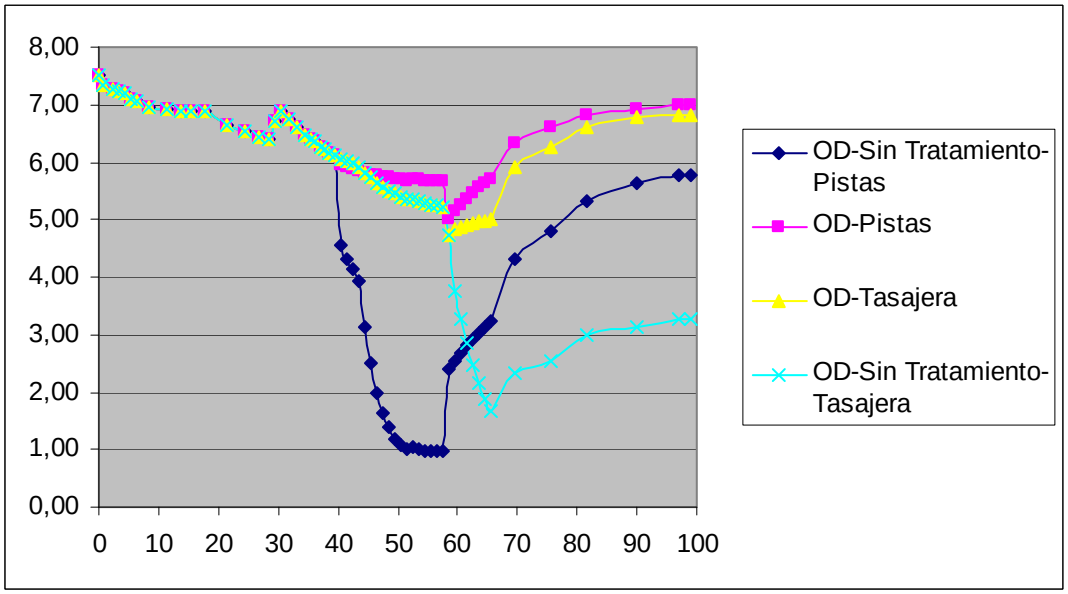

Figura 10.3 Oxígeno disuelto (OD) en las alternativas seleccionadas (mg/l), tratamiento terciario

Los derechos de autor de este documento son del CONSORCIO HTA, quien queda exonerado de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado

.

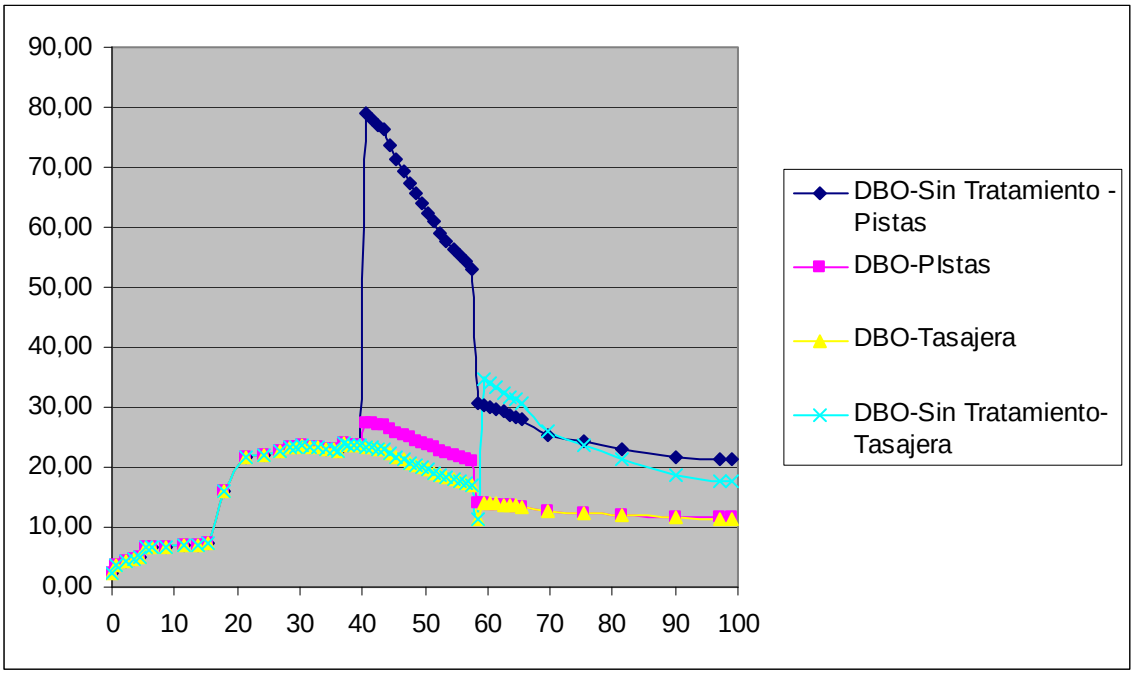

Figura 10.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO en las alternativas seleccionadas (mg/l), tratamiento secundario

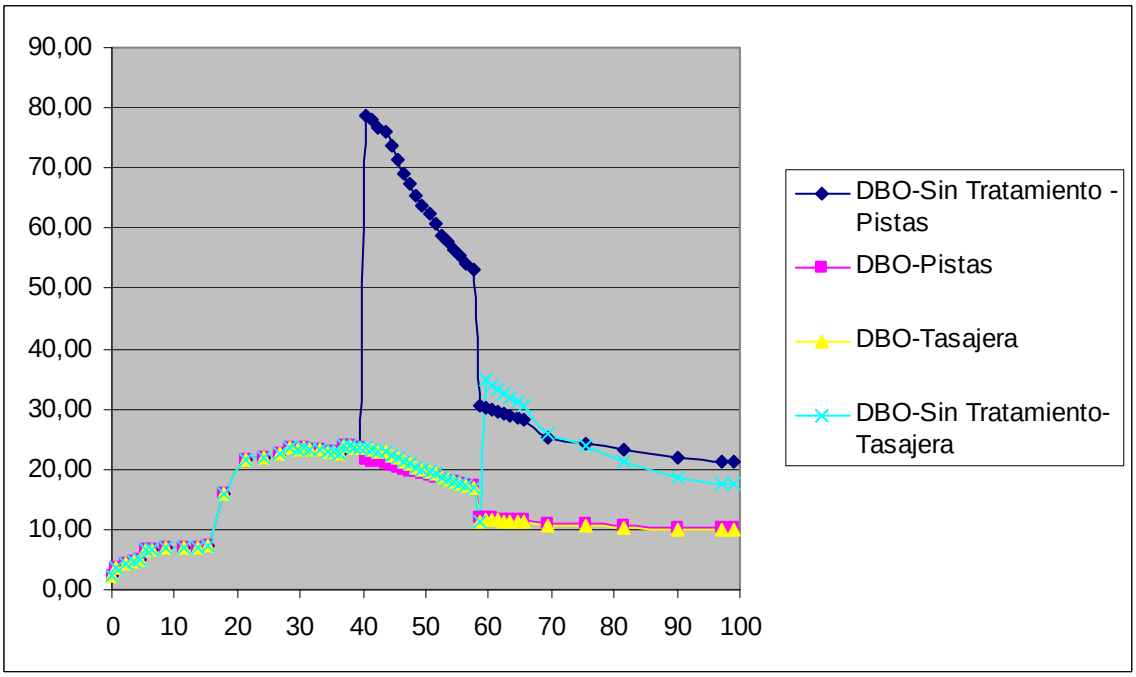

Figura 10.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en las alternativas seleccionadas (mg/l), tratamiento secundario

Los derechos de autor de este documento son del CONSORCIO HTA, quien queda exonerado de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado

.

En la Tabla 10.2 se presenta el resumen de las utilidades para las cuatro alternativas consideradas en el análisis.

Tabla 10.2. Utilidades de cada criterio para cada alternativa

	Las Pistas - Tratamiento Secundario	Las Pistas - Tratamiento Terciario	Tasajera Tratamiento Secundario	Tasajera - Tratamiento Terciario
Coberturas Vegetales	0,5	0,5	0,5	0,5
Densidad de población	0,1	0,1	0,8	0,8
Distancia	0,1	0,1	0,6	0,6
Costo	1,00	0,95	0,01	0,00
Indicador de Rentabilidad Social	1,00	0,72	0,14	0,00

Las estructuras de preferencia o los pesos que se le da a cada uno de los criterios para encontrar la utilidad de la alternativa, que se presentan en la Tabla 10.3, se definieron mediante la consulta a expertos. Como se puede observar, hubo especialistas a los cuales no les interesa para nada los costos (estructura 6), otros que no consideran importante las coberturas vegetales (estructura 3), o la distancia (estructura 2). Se complementa con una estructura donde todos los criterios son considerados igualmente importantes (estructura 7)

Tabla 10.3. Estructuras de Preferencias

Criterio	1	2	3	4	5	6	7
Indicador de Rentabilidad Social	33,33%	20,00%	40,00%	28,57%	33,33%	30,77%	20,00%
Costo	8,33%	30,00%	20,00%	21,43%	25,00%	0,00%	20,00%
Coberturas Vegetales	16,67%	10,00%	0,00%	7,14%	8,33%	30,77%	20,00%
Densidad de población	16,67%	40,00%	20,00%	28,57%	8,33%	30,77%	20,00%
Distancia	25,00%	0,00%	20,00%	14,29%	25,00%	7,69%	20,00%

Con las anteriores estructuras de preferencia y con las utilidades presentadas en la Tabla 10.2, se obtiene la utilidad de cada alternativa, que se presentan en la Tabla 10.4

Tabla 10.4 Utilidad de cada alternativa

Alternativa	Estructura de Preferencias						
	1	2	3	4	5	6	7
Las Pistas-Tratamiento Secundario	0,54	0,59	0,64	0,58	0,66	0,50	0,54
Las Pistas-Tratamiento Terciario	0,44	0,52	0,52	0,49	0,55	0,41	0,47
Tasajera- Tratamiento Secundario	0,42	0,40	0,34	0,39	0,31	0,49	0,41
Tasajera- Tratamiento Terciario	0,37	0,37	0,28	0,35	0,26	0,45	0,38

Como se observa en la tabla anterior, la mejor alternativa, para todas las estructuras de preferencia, es la construcción de una planta de tratamiento en el sector Las Pistas de tipo secundario, lo que demuestra la robustez de la alternativa: siempre es la mejor, independiente de la estructura de preferencias del decisor.

Los derechos de autor de este documento son del CONSORCIO HTA, quien queda exonerado de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado

.

Las alternativas localizadas en el sector de La Tasajera siempre son las que obtienen la menor utilidad.

10. DIAGNÓSTICO TÉCNICO, ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS.. 10.1

10.1 descripción de alternativas 10.1

10.2 metodología de análisis 10.3
10.2.1 Criterios para el análisis 10.3
10.2.2 Metodología de evaluación 10.4

10.3 resultados 10.4

Tabla 10.1 Indicadores de Rentabilidad Social de las Alternativas analizadas 10.5
Tabla 10.2. Utilidades de cada criterio para cada alternativa 10.8
Tabla 10.3. Estructuras de Preferencias 10.8
Tabla 10.4 Utilidad de cada alternativa 10.8

Figura 10.1. Soluciones no dominadas 10.3
Figura 10.2 Oxígeno disuelto (OD) en las alternativas seleccionadas (mg/l), tratamiento secundario 10.6
Figura 10.3 Oxígeno disuelto (OD) en las alternativas seleccionadas (mg/l), tratamiento terciario 10.6
Figura 10.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO en las alternativas seleccionadas (mg/l), tratamiento secundario 10.7
Figura 10.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en las alternativas seleccionadas (mg/l), tratamiento secundario 10.7

Los derechos de autor de este documento son del CONSORCIO HTA, quien queda exonerado de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado

.