

CAPÍTULO II

ANÁLISIS PARA EL ORGANISMO OPERADOR

En el presente capítulo se describe la situación que enfrenta el organismo operador, el análisis de costos de las alternativas de saneamiento y se sugiere un esquema básico de tarificación para internalizar el costo de saneamiento a los usuarios.

2.1 Marco legal

La JIAPAZ, organismo responsable del manejo y disposición final del drenaje, debe atender la normatividad que lo obliga a pagar por la descarga del agua residual que se produce en la zona conurbada Zacatecas - Guadalupe al arroyo La Plata. La legislación relativa a esta situación está contenida en su totalidad en el anexo 2. En el presente apartado se hará un análisis de la misma.

La Ley Federal de Derechos en Materia de Agua señala en su artículo 276 que: *“Están obligados a pagar por el derecho por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, las personas físicas o morales que descarguen en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua”*, es decir, JIAPAZ se ve obligado por la legislación a pagar una cuota a la CNA por descargar aguas residuales al cuerpo receptor, en este caso, el Arroyo La Plata.

El artículo 277 de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua señala que: *“Para los efectos de la presente ley se consideran: **Aguas residuales:** los líquidos de composición variada provenientes de los usos domésticos, agropecuarios, industrial, comercial, de servicio o de cualquier otro uso...”*

La fórmula para calcular el costo de la cuota por derecho federal de descarga, toma en cuenta únicamente las cantidades de DQO y SST que sobrepasan a lo permitido por las condiciones particulares de descarga de la siguiente manera:

$$C = aV + bDQO + cSST$$

Donde:

- C = Cuota por derecho federal de descarga (\$).
- a,b,c = Coeficientes determinados por CNA de acuerdo a la zona geográfica¹⁸.
- V = Volumen de las aguas residuales (m³).
- DQO¹⁹ = Demanda Química de Oxígeno anual (Kgs.).
- SST²⁰ = Sólidos Suspendidos Totales anuales (Kgs.).

Los indicadores presentados en la tabla 2.1, son los que CNA utiliza para fijar la cuota federal por derecho de descarga, este derecho es un cobro por descargar aguas residuales no tratadas. El cobro por derecho federal de descarga, no considera indicadores bacteriológicos.

Tabla 2.1 Indicadores para fijación de la cuota federal

Parámetro	Unidades	Agua Residual Cruda (situación actual)	Condiciones Particulares de Descarga (normatividad)	Diferencial Base de Cobro
DQO TOTAL	mg/l	189.3	180	9.3
SST	mg/l	142	75	67

18 "Ley Federal de Derechos en Materia de Agua" CNA. 1995. Págs. 29, 40 - 42.

19 DQO: Demanda Química de Oxígeno. Es una medida de control de la calidad del agua, que corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia presente en el agua por medio de un oxidante fuerte en un medio ácido.

20 SST: Sólidos Suspendidos Totales. Es la medida de control de calidad de agua, que corresponde al contenido de partículas orgánicas o inorgánicas suspendidas en el agua.

Actualmente las composiciones de contaminantes del arroyo La Plata sobrepasan los límites fijados por CNA, quién como medida de apoyo únicamente cobra a JIAPAZ por el concepto de volumen.

Con los datos históricos proporcionados por la gerencia de administración del agua de CNA,²¹ se realizaron para el arroyo La Plata los siguientes cálculos :

$$\begin{aligned}\text{Volumen anual de descarga} &= 10'528,584 \text{ m}^3 \\ a &= \$ 1.1511 / \text{m}^3\end{aligned}$$

De esta forma el costo de la cuota anual por derecho de descarga de aguas residuales, en pesos constantes de noviembre de 1995, es de \$ 12'119,453. Es importante recalcar que actualmente la CNA no toma en cuenta los factores DQO y SST para el cálculo de la cuota a fin de aminorar la carga económica que significa el pago de la cuota.

JIAPAZ tiene actualmente una deuda con CNA por el costo no cubierto de la cuota por derecho federal de descarga al arroyo La Plata que asciende a \$10'722,309. Basándose en la ley, si JIAPAZ tomara medidas para mejorar la calidad del agua residual que vierte al arroyo, CNA condonaría la deuda del organismo²². Lo anterior como incentivo para la ejecución y operación de un proyecto de saneamiento.

Adicionalmente al pago de la cuota, existe otro concepto que JIAPAZ debe considerar.

En diciembre de 1992 se publicó la Ley de Aguas Nacionales con disposiciones que entrarán en vigor a partir de 1997. Esta Ley contiene en su título décimo lo referente a infracciones, sanciones y recursos, por lo que se citará textualmente algunas fracciones de sus artículos que sirven de base para calcular la multa a la que se hacen acreedores todos aquellos que violan las disposiciones federales en la materia.

En el artículo 119 la Ley menciona todas las faltas que sancionará, siendo las que atañen directamente al proyecto las siguientes: *“... Descargar en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en contravención a lo dispuesto en la presente ley en cuerpos receptores que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o el acuífero, sin perjuicio de las sanciones que fijen las disposiciones sanitarias y de equilibrio ecológico y protección al ambiente....Explotar, usar o aprovechar aguas nacionales residuales sin cumplir con las normas oficiales mexicanas*

21 “Estado de adeudo por concepto de derecho por descarga de aguas residuales de JIAPAZ en el estado de Zacatecas”, CNA, enero de 1996.

22 Artículo 282, Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. CNA. 1995. Título II, pág. 46.

en materia de calidad y condiciones particulares establecidas para tal efecto...No instalar los dispositivos necesarios para el registro o medición de la cantidad y calidad de aguas, en los términos que establece esta ley, su reglamento y demás disposiciones aplicables...Incurrir en cualquier otra violación a los preceptos de esta ley y su reglamento, distinta de las anteriores.”

En el artículo 120 la ley especifica la manera en que sancionará las faltas: *“...las faltas serán sancionadas con multas que serán equivalentes a los siguientes días de salario mínimo general vigente en el área geográfica y en el momento en que se cometa la infracción: 1. 50 a 500, en el caso de violación a las fracciones VI, XI, XV y XVIII; 2. 100 a 1,000, en el caso de violación a las fracciones II, III, IV, VII, X, XVI, y XVII; 3. 500 a 10,000, en el caso de violación a las fracciones I, V, VIII, IX, XII y XIV...”*²³

Finalmente, en el artículo 121 se aclara que: *“el monto se fijará tomando en cuenta las siguientes consideraciones: I. La gravedad de la falta; II. Las condiciones económicas del infractor; III. La reincidencia.... si una vez vencido el plazo concedido por la autoridad para subsanar la o las infracciones que se hubieren cometido, resultare que dicha infracción o infracciones aún subsisten, podrán imponerse multas por cada día que transcurra sin obedecer el mandato, sin que el total de multas exceda del monto máximo permitido conforme al artículo anterior...”*

En resumen:

- El art. 119 describe las faltas en las que se puede incurrir
- El art. 120 especifica el monto de la sanción
- El art. 121 aclara que sancionará la reincidencia y delimita el tope máximo de la multa.

Al no construirse la planta se opta por violar la normatividad de manera permanente. La reincidencia hace que la multa sea la máxima, es decir, 10,000 días de salario mínimo general vigente, que para la zona del proyecto es de \$15.44 diarios.²⁴

Por lo tanto, el monto anual por concepto de la multa sería de: \$154,400.00.

23 En el anexo 2 se presenta el artículo con todas sus fracciones.

24 Banco de México. Pesos de noviembre de 1995.

El artículo 122 de la Ley de Aguas Nacionales, especifica que en caso de reincidencia en alguna de las faltas, la CNA puede: *“...imponer adicionalmente la clausura temporal o definitiva, parcial o total de los pozos y de las obras o tomas para la extracción o aprovechamiento de aguas nacionales...”*, es decir, JIAPAZ no puede optar por descargar agua residual al arroyo La Plata de manera indefinida y pagar la cuota y la multa. La normatividad aquí presentada obliga a JIAPAZ a realizar un proyecto de inversión para el tratamiento de las aguas residuales.

2.2 Descripción técnica de las alternativas

Por la necesidad de diseñar alternativas de solución que permitieran evitar el pago de la cuota y la multa, y así evitar la clausura por descarga al arroyo La Plata, se concursó el estudio de “Ingeniería básica y diseño conceptual de alternativas de saneamiento de la conurbación Zacatecas-Guadalupe”, ganado por FCH Consultores y Constructores, y en el que se presentan tres alternativas para el tratamiento de las aguas residuales.

Las tres alternativas fueron calculadas para cumplir con las condiciones particulares de descarga fijadas por CNA²⁵, como lo muestra el resultado de las pruebas de tratabilidad realizadas al Agua Residual Cruda²⁶(ARC) del arroyo La Plata, reflejadas en la tabla 2.2.

Además, las tres alternativas tratarán el 100% de las aguas residuales, en otras palabras, tendrán beneficios idénticos. Por lo que se determinará cual de las tres alternativas es la de mínimo costo.

25 “Condiciones específicas para el permiso de descarga pública urbana de Zacatecas-Guadalupe.” ; CNA; Gerencia Técnica; Zacatecas; Noviembre de 1994

26 “Ingeniería Básica y Diseño Conceptual de Alternativas para el Saneamiento de la Conurbación Zacatecas-Guadalupe”; FCH Consultores y Constructores, noviembre de 1994; Tomo II, págs. 82-126.

Tabla 2.2 Condiciones particulares de descarga y pruebas de tratabilidad.

Parámetro	Unidades	Agua Residual Cruda (situación actual)	Resultados (calidad del efluente que se espera obtener)	Condiciones Particulares de Descarga (concentración instantánea)
DBO5 Total	mg/l	110	9.8	75
DBO5 Sol	mg/l	20.1	2.0	40
DQO Total	mg/l	189.3	145.6	180
Grasas y Aceites	mg/l	105.6	15.4	15
Detergentes	mg/l	13.2	0.33	8
NNH4	mg/l	22.3	< 0.05	15
N Org	mg/l	8.3	3.4	27
N Tot	mg/l	30.6	3.4	42
PO4 Tot	mg/l	4.9	10.9	
Temperatura	Unidades			30
pH		6.72	6.96	8.5>DE>6.5
Conductividad	umho	794	483	2000
Sólidos Totales	mg/l	712	736	
SST	mg/l	142	4	75
Sól. Sedimentados	mg/l	0.7	0	1.5
Coliformes Totales	NMP/100 ml	36 X 10 ⁶	900	1000
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	36 X 10 ⁶	900	200
Huevos de Helminto	ORG/l			2.0
Arsénico	mg/l	0.04	< 0.1	0.75
Cadmio	mg/l	< 0.002	< 0.002	0.075
Cromo Hexavalente	mg/l	< 0.002	< 0.002	1.0
Níquel	mg/l	< 0.002	< 0.002	1.5
Plomo	mg/l	< 0.1	< 0.1	2.0

Estos resultados únicamente son producto de la reducción de contaminantes obtenida por los reactores biológicos. Después del reactor, el sedimentador removerá hasta en un 70 % las grasas y aceites para lograr así cumplir con la norma.

De la misma manera, al pasar el afluente por la cámara de cloración los coliformes totales, se reducirán hasta 100 nmp²⁷/100 ml.

Con las consideraciones anteriores, se puede observar en la tabla anterior, que se cumplirá con todos los parámetros establecidos por la CNA.

Todas las alternativas comienzan tratando la misma cantidad promedio de aguas residuales. Con el paso del tiempo y dependiendo de la tecnología empleada, llegan a tratar un “volumen promedio de operación” mayor que el inicial.

Las tres alternativas pueden reducir el consumo de energía eléctrica dependiendo de la tecnología, así como de las condiciones y estrategias de operación que se empleen.

Por otra parte, cuando la precipitación pluvial hace que el gasto del arroyo sea mayor a 1,000 lps, se considera que el agua residual está lo suficientemente diluida para únicamente recibir un “pretratamiento” (rejillas gruesas y delgadas, y desarenación) y posteriormente la desinfección con cloro. Esto se hará mediante la construcción de un “by-pass” en el sistema de tratamiento.

Evitar el tratamiento del gasto del arroyo cuando existe precipitación pluvial se hace con dos propósitos:

1. No “lavar” los reactores biológicos debido a la baja carga orgánica del influente.
2. No tener “cortocircuitos” hidráulicos por sobrepasar los volúmenes de diseño de los sistemas.

En el anexo 3 se incluye la descripción a detalle de las tres alternativas. En este apartado se hará mención de los conceptos más relevantes de cada una.

- | | |
|----------------|--|
| Alternativa 1: | Sistema de tratamiento de aguas residuales a base de lagunas aireadas. |
| Alternativa 2: | Sistema de tratamiento de aguas residuales del tipo convencional con aireación mecánica superficial. |
| Alternativa 3: | Sistema de tratamiento de aguas residuales con aireación por medio de burbuja fina. |

Tabla 2.3 Alternativas de operación para los tres tipos de plantas (pesos de nov/95)

Alternativas	1	2	3
Volumen inicial a tratar (lps)	505	505	505
Volumen de operación (lps)	600	650	1000
Potencia (Kw)	1,438	1,336	1,379
Reducción en el consumo de energía ²⁸	20 %	20 %	50 %
Área considerada (Ha)	11.25	11.25	11.25
Inversión inicial (\$)	25,290,996	35,100,953	57,906,741

2.3 Costos anuales equivalentes

Para realizar el análisis de costos se tomaron en cuenta los siguientes conceptos en cada una de las opciones :

- Inversiones anualizadas
- Costo de energía anual
- Costo de personal por año
- Costo anual de análisis de laboratorio
- Costo anual de consumibles: polímero y cloro
- Costos de mantenimiento

La suma de los conceptos anteriores compone el *costo anual equivalente*. A continuación se presenta la estimación de cada uno de los conceptos de costos relativos a la construcción y operación de la planta.

2.3.1 Inversiones anualizadas

Para calcular el monto anual por concepto de inversión, es necesario tener en valor presente todas las inversiones que se tengan contempladas en el horizonte del proyecto. En el presente trabajo los conceptos que integran el costo de inversión anualizado se dividen en: a) Inversión inicial y b) Reinversiones.

1. Inversión inicial

Como se mencionó, existen tres alternativas técnicas. Cada una de ellas requiere inversiones distintas. Aproximadamente el 50% de los equipos necesarios para construir las plantas de tratamiento, de acuerdo a las alternativas aquí presentadas, son bienes transables. La relación de bienes transables y no transables requeridos por el

28 Dato proporcionado por FCH Consultores y Constructores, S.A. de C.V.

proyecto se ilustra en el anexo 4. La tabla 2.4 muestra el desglose de los conceptos que componen la inversión inicial.

Tabla 2.4 Conceptos y montos que componen la inversión inicial (pesos de nov/1995)

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Bienes Transables ^{a/}	10,854,699	14,106,350	18,356,624
Obra civil ^{b/}	3,965,494	6,895,290	17,015,393
Subtotal	14,820,193	21,001,640	35,372,017
Impuesto 15%	2,223,029	3,150,246	5,305,802
Total	17,043,222	24,151,886	40,677,819
Inv. Inicial + 38% ^{c/}	23,519,646	33,329,602	56,135,390
Terreno	550,000	550,000	550,000
Conducción	1,166,350	1,166,350	1,166,350
Alimentador	55,000	55,000	55,000
Inversión Inicial	25,290,996	35,100,952	57,906,740

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por FCH Constructores y Consultores, S.A. de C.V.

a/ Tipo de cambio 7.76 (nov/95)

b/ Se consideró una inflación acumulada de nov-94 a nov-95 de 45.08% obtenido del INPP de la industria de la construcción, Banco de México.

c/ A los costos directos obtenidos del catálogo de conceptos se les incrementó en un 38% que corresponde a la utilidad, costos indirectos e imprevistos. Esta es una información proporcionada por FCH y confirmada con diferentes consultoras como un porcentaje generalmente aceptado. (Utilidad 12%, Costos indirectos 23%, Imprevistos 3%)

La tabla 2.4 presenta la inversión inicial requerida en pesos de noviembre de 1995, datos a los que se llegó tras reexpresar y complementar los datos presentados por FCH.

Para detallar esta información se incluye en el anexo 5 un cuadro con los precios a noviembre de 1994, que es la fecha en que la consultora entregó su estudio, y el método y las herramientas utilizadas para convertir las partidas en pesos de noviembre de 1995.

El concepto "Obra civil", incluye la mano de obra y los insumos utilizados en la construcción civil del sistema; no se consideraron como transables el cemento, la varilla y todos los componentes necesarios para la construcción del sistema.

Las tres alternativas tienen diferentes capacidades hidráulicas. Se debe igualar las capacidades para poder hacer un comparativo. Las alternativas 1 y 2 tendrán ampliaciones para igualar la capacidad de la alternativa 3.²⁹

2. Reinversiones

La alternativa 1 tratará un gasto promedio de operación de 600 lps; la alternativa 2 tratará un gasto promedio de 650 lps y la alternativa 3 un gasto de 1,000 lps.

Para compararlas se considera un gasto de referencia de la alternativa 3 de 1,000 lps de agua residual tratada. Se deberán efectuar inversiones de ampliación en las alternativas 1 y 2. El costo de reinversión en ampliación fue proporcionado por FCH Consultores y Constructores S.A. de C.V.

El objetivo del presente apartado es mostrar el momento óptimo en que se deben realizar estas inversiones. El cuál estará dado en aquel momento en que la concentración de cualquiera de los contaminantes del afluente de las alternativas, sobrepase las condiciones particulares de descarga del arroyo La Plata (partiendo del supuesto de considerar como composición del afluente, los resultados mostrados por las pruebas de tratabilidad).

Al comparar los resultados de las pruebas de tratabilidad contra las condiciones particulares de descarga (ver tabla 2.2), se observa que en todos los parámetros, la concentración de los resultados de las pruebas de tratabilidad, es menor que el de las condiciones particulares de descarga.

El presente análisis considera que al llegar al límite de capacidad hidráulica (600 lps alternativa 1 y 650 lps alternativa 2), el excedente se derivará mediante un by-pass, conduciéndolo por un sistema de rejillas, para después juntarlo con el resto del gasto, antes de la cámara de cloración.

En otras palabras se mezcla el agua tratada en el reactor con el excedente derivado, como se muestra en las gráficas del anexo 3. Otra opción sería tratar todo el volumen dentro de la planta disminuyendo el tiempo de retención hidráulica y por consiguiente las concentraciones de salida variarían a medida de que el tiempo de retención hidráulico disminuyera. Por no contar con datos que muestren el comportamiento de las concentraciones de los

29 Dato proporcionado por FCH Consultores y Constructores, S.A. de C.V..

contaminantes del efluente, se utilizará el sistema de dilución antes descrito.

a) Alternativa 1

Las siguientes gráficas muestran la concentración de los contaminantes a lo largo del tiempo del efluente diluido. Unicamente se muestran los parámetros en los que se sobrepasan las condiciones particulares de descarga (CPD), existen indicadores que nunca rebasarán las mismas, debido a que el agua residual cruda tiene concentraciones inferiores a las CPD.

En el anexo 6 se presenta gráficamente el análisis cronológico del cambio de concentración de todos los parámetros de control.

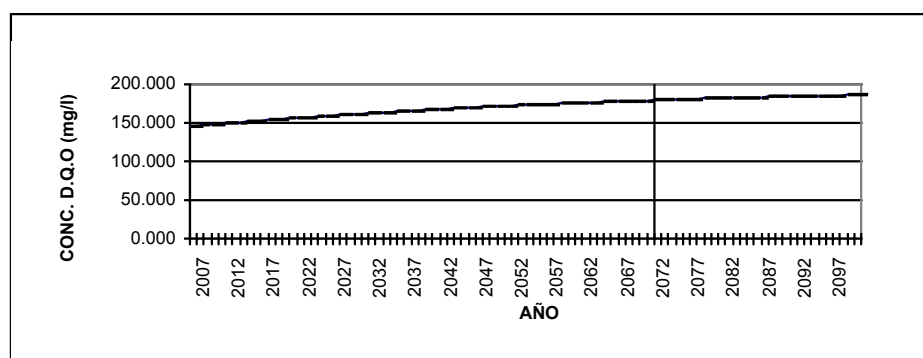


Figura 2.2 Proyección de Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)

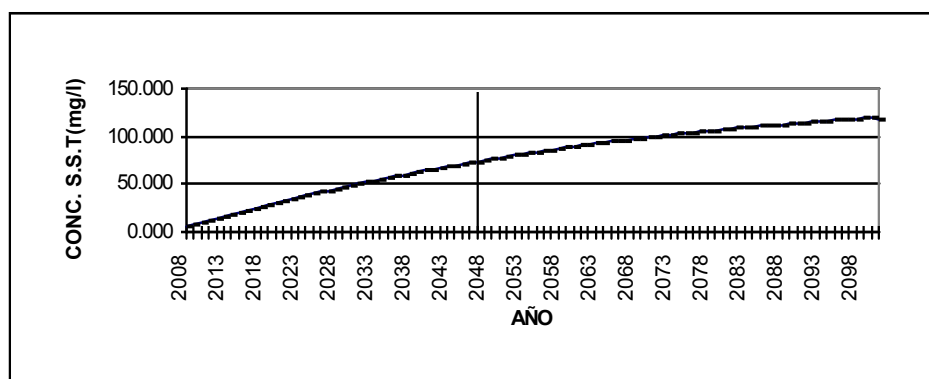


Figura 2.3 Proyección de Sólidos Suspendedos Totales (S.S.T.)

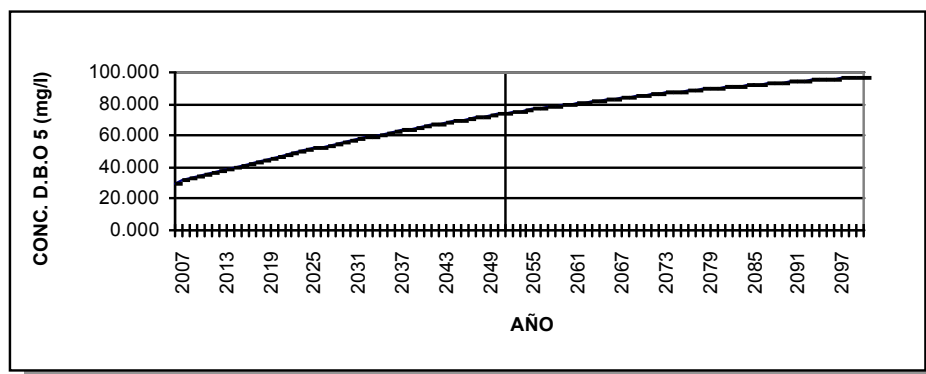


Figura 2.4 Proyección de Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.)

En el año 2047, las concentraciones del efluente de la alternativa 1, sobrepasarán a las condiciones particulares de descarga.

Considerando un año para la construcción de la ampliación de la planta la inversión se debe realizar en el año 2046.

Por tratarse de datos de laboratorio puede ser que el criterio utilizado no sea rigurosamente exacto, para efecto de evaluación, se considerará que la inversión en ampliación para la alternativa 1 se realizará al final del horizonte de evaluación (en el año 2015).

b) Alternativa 2

Haciendo un análisis similar para la alternativa 2, resultan las siguientes gráficas:

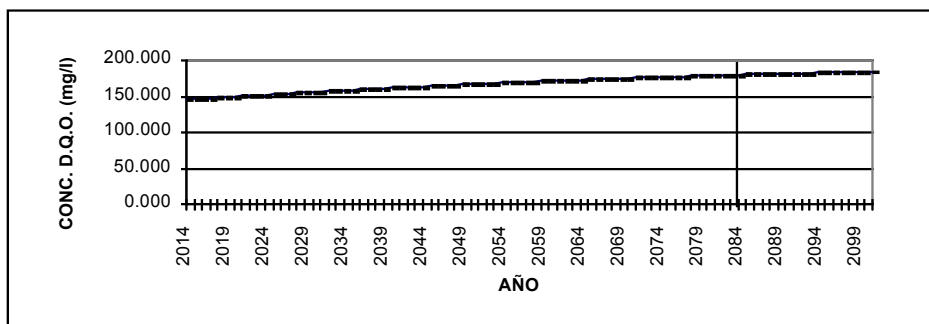


Figura 2.5 Proyección de Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)

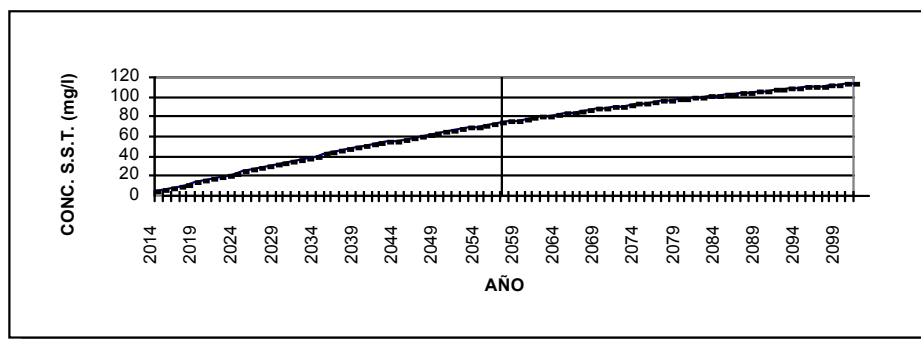


Figura 2.6 Proyección de Sólidos Suspended Totales (S.S.T.)

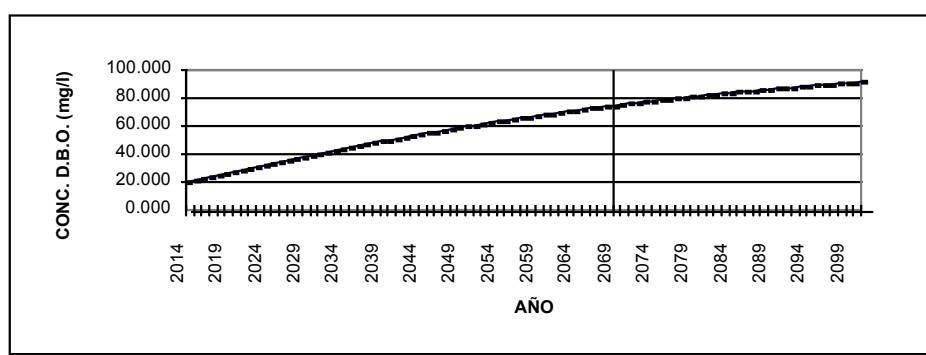


Figura 2.7 Proyección de Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.)

En el año 2057, las concentraciones del efluente de la alternativa 2, sobrepasarán a las condiciones particulares de descarga (para la proyección del volumen ver anexo 7), por lo que la cuota federal por derecho de descarga en pesos de noviembre de 1995 será de:

$$\text{Cuota de descarga} = (43,514,165 \text{ m}^3/\text{año})(\$1.1511/\text{m}^3)$$

$$\text{Cuota de descarga} = \$50,089,155$$

Considerando un año para la construcción de la ampliación de la planta la inversión se debe realizar en el año 2056.

Para efectos de evaluación se considera que la inversión en ampliación se realizará en el año 2015.

3. Cálculo de la inversión anualizada

Las tres alternativas (con las ampliaciones realizadas) podrán tratar 1,000 lps como gasto promedio de operación. Para efecto de evaluación se consideran perpetuidades de vida útil de las tres alternativas.

Tabla 2.5 Costos de inversiones anuales (pesos nov/95)

Alt	VAC (1996) (Valor actual de costos)	C. Inv. Anual
1	24,180,004	2,693,220
2	31,769,076	3,538,507
3	50,584,733	5,634,235

Fuente: Información proporcionada por FCH Consultores y Constructores, S.A. de C.V.

Las anualidades de la inversión mostradas en la tabla 2.5 se estimaron de la siguiente manera:

Las tres alternativas tienen inversiones iniciales en tiempo 0 (1996), para las alternativas 1 y 2 se utilizan los momentos óptimos para realizar las ampliaciones en el año 2015.

Las inversiones en ampliación fueron traídas a valor presente y se sumaron a la inversión inicial. Se amortizaron a 20 años (hasta el año 2015).

La tasa de descuento se obtuvo como un promedio de la tasa líder mensual para los años de 1994 y 1995³⁰.

Tabla 2.6 Montos de inversión inicial (pesos nov/95)

Alt	Tasa	I. Inicial	Reinversión
1	0.1108	22,223,216	17,778,573
2	0.1108	30,753,613	9,226,084
3	0.1108	50,584,733	0

Fuente: Información proporcionada por FCH Consultores y Constructores, S.A. de C.V.

2.3.2 Costo anual de energía

La energía eléctrica es un concepto de costos que se clasifica como variable. Para la estimación del costo anual de la energía se solicitó la tarifa a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) del estado de Zacatecas; la tarifa es asignada en función de la potencia. Los requerimientos de potencia de las alternativas se muestran en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Requerimientos de potencia de las tres alternativas técnicas de la planta de tratamiento.

Alternativa	Requerimientos de Potencia	
	HP	KW ³¹
1	1,797	1,438
2	1,670	1,336
3	1,724	1,379

Fuente: FCH Consultores y Constructores, S.A. de C.V.

La CFE ha hecho una regionalización de su servicio, correspondiendo al proyecto recibir tarificación dentro de la zona sur. Las tarifas se clasifican por su uso (de uso específico y de uso general) y por la cantidad de potencia demandada por el cliente.

Según los requerimientos de potencia mostrados en la tabla 2.7, la tarifa que pagará el operador de la planta es la *H-M*: “*Servicio general en media tensión (mayor de 1KV y hasta 35 KV) con demanda de 1,000 KW o más*”.

La tarifa se calcula tomando en cuenta diferentes conceptos, para cada uno de los cuales existe un factor (en \$) preestablecido :

- Demanda máxima (cantidad máxima de KW que podría demandar el proyecto en un momento dado).
- Ajuste por combustible.(calculado sobre la cantidad mensual de KW-hora demandados)
- KW-hora punta (cobro por KW-hora consumido de las 18 a las 22 horas).
- KW-hora base (cobro por KW-hora consumido de las 0 a las 17 y de las 23 a las 0 horas).

31 El factor de conversión de HP a KW es de 0.8

v. Derecho de alumbrado público.

En la tabla 2.8 se muestra el cálculo del costo anual de la energía para las tres alternativas.

Tabla 2.8 Estimación del costo anual de la energía eléctrica para las tres alternativas técnicas de la planta tratadora de aguas residuales

Alternativa 1

KW	Tarifas	\$	Concepto
1,438	23.43	33,686	Demanda Máxima
1'035,072	0.04	44,570	Ajuste por combustible
172,512	0.20	33,698	kw/h punta
862,560	0.12	105,310	kw/h base
		217,264	Subtotal
		17,381	DAP (derecho de alumb. púb.)
		32,590	IVA
		267,235	Total mensual
		3'206,824	Costo anual de la energía

Alternativa 2

KW	Tarifas	\$	Concepto
1,336	23.43	31,305	Demanda Máxima
961,920	0.04	41,420	Ajuste por combustible
160,320	0.20	31,317	kw/h punta
801,600	0.12	97,867	kw/h base
		201,910	Subtotal
		16,153	DAP (derecho de alumb. púb.)
		30,286	IVA
		248,349	Total mensual
		2'980,187	Costo anual de la energía

Alternativa 3

KW	Tarifas	\$	Concepto
1,379	23.43	32,317	Demanda Máxima
993,024	0.04	42,760	Ajuste por combustible
165,504	0.20	32,330	kw/h punta
827,520	0.12	101,032	kw/h base
		208,439	Subtotal
		16,675	DAP (derecho de alumb. púb.)
		31,266	IVA
		256,379	Total mensual
		3'076,552	Costo anual de la energía

Fuente: CFE - División de Distribución Bajío

Cabe señalar que para obtener el costo anual equivalente de las alternativas 1 y 2 se consideró una reducción del 20% en el consumo de energía después de dos años de operación, y para la alternativa 3

se consideró una reducción del 50% después de dos años de operación.

Además se consideró un aumento anual en la energía de un 1 % con una tendencia de ajuste hacia el precio internacional de la energía que es de 4.8 centavos de dólar estadounidense por KW-hora.

2.3.3 Costo anual de personal

Las necesidades de personal de cada alternativa están en función de la complejidad de los procesos operativos. Las alternativas 2 y 3 requieren más operadores que la alternativa 1 (ver tabla 2.9). Cada una de las alternativas considera únicamente el personal indispensable para su operación.

Tabla 2.9 Estimación del costo anual de personal para las tres alternativas técnicas de la planta tratadora de aguas residuales (pesos de nov/95)

Alternativa 1

Personal	Sal. Mensual (\$)	Sal. Anual (\$)
1 Encargado	3,850	46,200
5 Operadores	1,155	114,345
1 Laboratorista	2,200	43,560
Total		204,105

Alternativa 2

Personal	Sal. Mensual (\$)	Sal. Anual (\$)
1 Encargado	4,730	56,760
6 Operadores	1,155	137,214
1 Laboratorista	2,200	43,560
Total		237,534

Alternativa 3

Personal	Sal. Mensual (\$)	Sal. Anual (\$)
1 Encargado	6,050	72,600
7 Operadores	1,155	160,083
1 Laboratorista	2,200	43,560
Total		276,243

Fuente: FCH Consultores y Constructores, S.A. de C.V.

Para el caso de los operadores y el Laboratorista se consideró un 65% adicional al salario mensual por concepto de prestaciones y para el cálculo de la anualidad equivalente se consideró además un

crecimiento del 1% anual como resultado del crecimiento de la economía del país.

2.3.4 Costo anual de análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio se realizan de forma periódica durante la operación de las plantas.

Para las tres alternativas el costo de los análisis sería el mismo, ya que los análisis son independientes de las especificaciones tecnológicas de la planta.

Los costos anuales de laboratorio serían de \$ 55,000³²

2.3.5 Costo anual de consumibles: Polímero y Cloro

Los procesos de tratamiento de las tres alternativas consideradas requerirán de polímero y cloro para proporcionar una determinada calidad de agua, así como para espesar los lodos.

Los costos anuales de cloración se calculan utilizando un factor de \$0.04 de cloro por metro cúbico³³ de agua, considerándose un volumen a tratar inicial de 15'925,680 m³/año y un volumen promedio de operación de 18'921,600 m³ /año, los costos serán incrementales como se muestra en el anexo 7.

Es así que el costo anual equivalente estimado del cloro es: \$ 743,274

Los costos anuales de polímero se estiman en base a una relación empírica que depende de los lodos generados. La planta necesitará aproximadamente 12 toneladas de polímero al año para espesar los lodos que se generarán. El kilogramo de polímero tiene un valor de \$4 USD³⁴. El detalle de los cálculos de la anualidad equivalente se encuentra en el anexo 7.

El costo anual equivalente de este concepto es de: \$ 372,480

Se pueden agrupar ambas partidas en un concepto denominado "consumibles".

32 Dato proporcionado por Agua Industrial de Monterrey, Servicio de Usuarios; San Nicolás de los Garza, N.L.; noviembre de 1995.

33 Dato proporcionado por Agua Industrial del Poniente, Sta. Catarina N.L.; enero de 1996

34 Ibid., pág. 35

El costo anual equivalente de consumibles es de: \$ 1'115,754.

2.3.6 Costos de mantenimiento

El equipo susceptible a tener mantenimiento significativo, consiste en motores y equipo metal-mecánico de la marca Dorr-Oliver utilizado para bombeo principalmente. En el anexo 8 se muestra el detalle del equipo que será sustituido. El costo anualizado de mantenimiento es de : \$ 220,412.95

2.3.7 Costo anual equivalente de la planta

El costo anual equivalente de la planta se compone por la suma de los conceptos presentados en las seis secciones anteriores y se muestra en la tabla 2.10.

Para las estimaciones de costos anuales de consumo de energía se consideran reducciones en consumo de energía como se especificó en el apartado correspondiente.

Tabla 2.10 Costo de operación anual para las tres alternativas técnicas (pesos de nov/95)

ALT.	INVER. ANUAL.	COSTO DE ENERGÍA	COSTO DE PERSONAL	COSTO DE ANÁLISIS	COSTO DE POLIM.Y CLORO	COSTO DE MANTTO.	COSTO ANUAL EQUIV.	VALOR ACTUAL DE COSTOS
1	2,693,220	2,687,666	224,033	55,000	1,095,952	220,413	6,976,284	55,265,047
2	3,538,507	2,497,720	260,726	55,000	1,095,952	220,413	7,668,318	60,747,230
3	5,634,235	1,831,382	303,214	55,000	1,095,952	220,413	9,140,197	72,407,228

De la tabla 2.10 se puede concluir que la alternativa más conveniente para JIAPAZ, por ser la de menor costo es la alternativa número uno. El beneficio neto que obtendría el organismo operador debido a la construcción de la planta de tratamiento, sería evitar el pago de la cuota y la multa, lo cual asciende a \$12,273,853, debido a que el costo de la construcción del proyecto debe ser internalizado a los usuarios generadores del agua residual vía tarificación.

2.4 Tarificación

El presente capítulo servirá como herramienta para determinar el monto de la cantidad atribuida a sanear el agua residual.

Si JIAPAZ decide realizar el proyecto, el costo del sistema de saneamiento sería internalizado a los usuarios del sistema de drenaje, mediante el pago de una cuota por saneamiento de aguas residuales. En este capítulo se

presenta un análisis que puede servir como herramienta básica para determinar el cobro a realizar por este concepto.

En general la tarificación debe tener cuatro características:

- Eficiente : Debe estar basada en precios libres de distorsiones de mercado y fundamentada en un análisis marginal.
- Rentable : Debe cubrir los siguientes conceptos:
 - a) Costos fijos: inversiones, ampliaciones, sueldos y salarios, administrativos, impuestos.
 - b) Costos variables: costos de operación y mantenimiento.
 - c) Utilidad normal
- Simple : El usuario debe tener señales de consumo que le permitirán incrementar o reducir el monto de la tarifa en función de la producción de agua residual.
- Equitativa : Asegura que todos los usuarios cubran sus necesidades básicas

Para la estimación de la tarifa se hicieron las siguientes consideraciones:

- Para involucrar el programa de inversiones propuestas en el horizonte del proyecto, se realizará un análisis a largo plazo (TLP).
- El organismo operador del agua residual busca utilidad normal.

Los elementos considerados en el cálculo de la TLP son:

- Inversiones : se determinará el programa de inversiones (I), durante el horizonte del proyecto (t).
- Valores de rescate : el equipo desechado por mantenimiento y desgaste tiene un “valor de rescate” (V.R.) que se debe registrar en el momento en el que se realiza el remplazo (t).
- Costos de operación y mantenimiento (C.O.M) : propios de la operación de la planta son crecientes en el tiempo (t).
- Ingresos obtenidos de tarificar (I.T.) : $Q \cdot TLP$
 - a) Cantidad de agua tratada (Q).
 - b) Precio resultante de la tarificación a largo plazo (TLP).

- Tasa de descuento (i), necesaria para mover todos los flujos a tiempo presente.

Cabe señalar que el cargo fijo quedaría por definir dependiendo de las necesidades que incurran directamente a la administración del sistema. (Contratación de personal auxiliar, gasto de energía, papelería).

De la segunda consideración se tiene:

$$0 = - \text{Sumatoria de inversiones } (I_t / (1+i)^t) \\ - \text{Sumatoria de costos de operación y mtto. } (C.O.M./ (1+i)^t) \\ + \text{Sumatoria de valores de rescate. } (V.R./ (1+i)^t) \\ + \text{Sumatoria de ingresos por tarificar. } (TLP \cdot Q / (1+i)^t)$$

Despejando:

$$TLP = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+i)^t} + \sum_{t=1}^n \frac{C.O.M.}{(1+i)^t} + \sum_{t=1}^n \frac{V.R.}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Q}{(1+i)^t}}$$

Como resultado de la evaluación, la alternativa de menor costo fue la alternativa 1, por lo que los datos empleados serán de ésta.

Tabla 2.11 Valor Presente del Programa de Inversiones (pesos de nov/95)

Concepto	\$
VP de las inversiones ³⁵	\$ 24,180,004
VP de los costos de operación y mantenimiento ³⁶	\$ 33,929,770
VP de los valores de rescate ³⁷	\$ 122,259
VP de la cantidad de agua tratada ³⁸	143,280,794 m ³
TLP (\$/ M ³)	\$ 0.4047/m ³

Como se puede observar en la tabla 2.11, de acuerdo a los cálculos realizados, el costo por metro cúbico que se debe cobrar es de: \$ 0.4047/m³.

Considerando un consumo per cápita de agua potable de 135 l/diarios, una familia de 5 personas consumiría 675 l/diarios o aproximadamente 21 m³ de agua potable al mes.

Con un factor de 0.8 de relación entre el agua potable y el agua residual, una familia como la antes descrita desecharía 17 m³ aproximadamente de aguas residuales al mes. Lo que equivale a un costo adicional de \$ 6.88/mes, lo cual representa un incremento del 31.9% respecto a la tarifa actual.

El presente estudio no considera subsidios focalizados que son necesarios para asegurar el consumo básico que deben tener todos los usuarios, de igual forma no se ha estipulado el cargo fijo por gastos fijos incurridos por el proceso administrativo del alcantarillado, por lo que el presente estudio solo puede considerarse como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones.

35 Ver tabla 2.5 para inversión de la alternativa 1.

36 Se considera de la tabla 2.10, la alternativa 1, el costo anual equivalente menos la inversión anualizada, esto traído a VP para un periodo de 20 años con una tasa de 11.08%.

37 Se consideró un valor de rescate de \$1'000,000 al final del periodo (de 20 años) y se actualizó con la tasa de 11.08%.

38 Se obtiene un valor presente de los flujos anuales de ARC (anexo 6) con la misma tasa de 11.08%.